T. LIII. — N° 3 1946

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910)
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923). — Louis MANGIN (1924-1937). — R. ANTHONY (1938-1942)

Sommaire

(Suite page 2)

Gaston DOIN & Cie, Éditeurs
8, Place de l'Odéon, PARIS (6e)

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris 6e

TARIF DE L'ABONNEMENT 1946

France, Colonies et territoires sous mandat. Monaco .... **320** francs
Etranger .... **435** francs

Envoyer les mandats, chèques sur Paris et chèques postaux (compte Paris 201-74) à MM. G. DOIN et Cie
8, place de l'Odéon. PARIS-VIe

CHANGEMENT D'ADRESSE

Il ne sera tenu compte désormais que des changements d'adresse accompagnés de la dernière bande et de la somme de cinq francs en timbres-poste pour la France et de dix francs en coupon international pour l'Etranger

En raison des restrictions imposées à la consommation du papier, la concision est recommandée aux Auteurs dans la rédaction de leurs articles

INFORMATIONS

UNION FÉDÉRATIVE NATIONALE DES MÉDECINS DE RÉSERVE

Pour clore la période d'instruction 1945-1946, l'Union fédérative nationale des Médecins de réserve, a donné, le 15 Juin, à la Faculté de Médecine, des conférences sur le Service de Santé de la Division blindée. Ces conférences furent présidées par le Général de Lattre de Tassigny qui fut reçu par le Professeur Pasteur Vallery-Radot. représentant le Doyen de la Faculté de médecine de Paris et par le Docteur Julien Huber, Président de l'U.F.N M.R. Les conférences reprendront en Octobre. Les membres de l'Association bénéficieront du 1/4 de place pour venir assister à ces conférences.

LIVRES REÇUS

BERNARD (Etienne) : *Le climat écologique de la cuvette centrale Congolaire.* — un vol in-4 de 240 pages avec cartes. Publications de l'Institut National pour l'étude agronomique du Congo Belge, Bruxelles, 1945.

BERTRAND (Léon), membre de l'Institut : *Histoire géologique du Sol français.* Tome II. *Le plan architectural et la genèse de nos grandes régions géologiques.* — Un vol. in-8 illustré, Ernest Flammarion, Paris 1946. Prix : 240 fr.

BINET (Léon) : *Figures de Savants français.* — Un vol. in-16 raisin de 118 pages, 3 portraits. Vigot Frères, Paris 1946. Prix : 52 fr.

BOUTRY (G.-A.), prof. au Conservatoire National des Arts et Métiers : *Optique Instrumentale.* — 1 vol. de 40 pages. Nombreuses figures. Masson et Cie, Paris, 1946. Prix : 1.100 fr.

BRUNEL (Jules) : *Qui a découvert la Pénicilline ?* — Une brochure in-8 de 12 pages. (Extrait de la *Revue Canadienne de Biologie* 3 : 1944). Université de Montréal. Institut Botanique. Montréal (Canada), 1944.

CHAMPETIER (G.), **HARISPE** (J.-V.) et **VELUZ** (L.) : *La recherche chimique en France de 1940 à 1945.* — Conférences faites au Congrès de la Victoire de l'Association française pour l'avancement des sciences. Masson et Cie, Editeurs, Paris.

COULOMB (J.) : *Annales de l'Institut de physique du Globe.* — Tome XX et Tome XXI. Presses Universitaires de France, Paris.

DEHAUT (Georges) : *Les doctrines de Georges Cuvier.* — 1 vol. un-8 de 34 pages. Paul Lechevalier, Paris, 1945. Prix : 130 fr.

DERIBÉRÉ (Maurice), préface de M. Haitinger : *Les applications pratiques de la Luminescence.* — 1 vol. 16×26 de XIV-264 pages, 53 figures. Dunod, éditeur, Paris, 1946. Prix : 435 fr.

DIVOIRE (Edmond), ing. A. I. Br. et E.S.E., Prof. à l'Université de Bruxelles : *Précis de Radioélectricité.* — 1 vol. de 22 pages et 171 figures. Masson et Cie, Paris, 1946. Prix : 240 fr.

FABRY (Charles) : *Les Radiations.* — 1 vol. in-16 de 220 pages. Armand Colin, Paris, 1946. Prix : 60 fr.

FOUARGE (Jean-Louis et Joseph) : *Essences Forestières et bois du Congo.* — Fasc. 2. « Afrormosia Elata ». Fasc. 3, « Guarea Thompsin ». Publication de l'Y. N. E. A. C., Bruxelles, 1943-1944.

FRANK HEATH (H.) et **HETHERINGTON** (A.-L.) : *Industrial Research and Development in the united kingdoren A. Survey.* — Un vol. in-8 de 376 pages. Faber and Faber Ltd Londres, 1946.

FROMONT (Pierre), professeur à l'Institut Agronomique et à la Faculté de Droit de Paris : *L'agriculture française devant la concurrence internationale.* — Editions J.-R. Senac, Paris.

GRIGORAKI (Léon), docteur ès-sciences, Lauréat de l'Institut et de l'Académie de Médecine : *Senescence et Evolution.* 1 vol. un-8 de 172 pages, 6 planches. Paul Le chevalier, Paris, 1946. Prix : 200 fr.

LEENHEER (L. de) : *Introduction à l'Etude Minéralogique de Sols du Congo belge.* — Une opuscule in-8 de 46 pages. Publications de l'I nstitut National pour l'étude agronomique du Congo Belge, Bruxelles, 1944. Prix : 15 fr.

LYNN WALLS (Gordon) : *The vertebrate eye and its adaptive radiation.* — 1 vol. in-8 de 786 pages. Cranbrook institute of science Bloomfield Hills Michigan. U.S.A.

MISSENARD (André) : *La Chaleur Animale* : 1 vol. in-16 de 128 pages. Presses Universitaires de France, Paris 1946.

RANSHAW (G.-S.) : *New Scientific achievements.* — 1 vol. in-16 de 128 pages. The British Council, Londres, 1946.

RINGOET (A.) : *Note sur la culture du Cacaoyer et son avenir au Congo Belge.* — Un vol. in-8 de 82 pages. Publications de l'Institut National pour l'étude agronomique du Congo Belge, Bruxelles, 1944. Prix : 36 fr.

Inspection Générale des Poids et Mesures : *Rapport sur la revision des Etalons du Service des poids et mesures en* 1930-35. — 1 vol. in-8 de 630 pages. Ministère de la Production Industrielle, 1944.

Clairs Foyers Méditerranéens : 1 vol. in-8 de 100 pages. La maison des livres, 12, rue Dumont-d'Urville, Alger. Prix : 40 fr.

SOMMAIRE DES JOURNAUX SCIENTIFIQUES

1° Sciences mathématiques

Intermédiaire des Recherches Mathématiques. Tome I, Fasc. 4, Oct. 1945. Projets de Recherches réunis sous la direction de Paul Belgadère.

2° Sciences physiques et chimiques

Bulletin de l'Association des Chimistes. Tome LXII, Nos 10-12, octobre-décembre 1945. — H. BELVAL : Localisation des glucides dans les tubercules de topinambours et indices de réfraction des jus. — C. MARILLER : Détermination de la dépense de vapeur d'une colonne à distiller à haut degré. — H. LE CAVOISIER et G. DUVIVIER : Rendement en extrait de l'orge et du malt. — P. NOTTIA : Sur la mouture et la panification de Manitoba. — F. DEPASSE : Vue d'ensemble d'une production industrielle de Cétones.

Bulletin de la Société Chimique de France. Fasc. 1-2, Janv.-février 1946. — *Chimie physique* : Structure des atomes. Radioactivité ; Propriétés des atomes. Poids atomiques ; Structure et propriétés des molécules ; Constantes physiques des corps ; Physique cristalline ; Cinétique et équilibres chimiques. Thermochimie ; Photochimie. Photographie ; Solutions. Mélanges liquides ; Electrochimie ; Métaux. Alliages. Solutions solides ; Propriétés des surfaces. Adsorption. Colloïdes. — *Chimie minérale* : Géochimie. — *Chimie organique* : Généralités. Radicaux libres ; Combinaison organométallique ; Composés acycliques ; Composés aromatiques ; Composés à noyaux condensés ; Composés alicycliques ; Composés hétérocycliques ; Glucides ; Polypeptides et protéides ; Divers. — *Chimie biologique* : Chimie physique biologique ; Biologie générale ; Principes immédiats ; Diastases, fermentations ; Résultats analytiques ; Pharmacodynamie. Toxicologie ; Chimie pharmaceutique. Chimie alimentaire et Chimie agronomique. — *Chimie analytique* : Chimie analytique minérale ; Chimie analytique organique ; Chimie analytique biologique. — *Appareils.*

Bulletin de la Société Chimique de France. Fascicules 3-4, mars-avril 1946. — Pr J. GILLES : Influence des ions étrangers sur la sensibilité des réactions. — Pr-Dr Van NIEUWENBRUG. : Problèmes actuels de l'analyse qualitative. — P. BRASSEUR : Etude des produits de combinaisons thermiques de Fe_2O_3 et de P_4O_5. — P. BRASSEUR et G. CHAMPETIER : Considérations sur le mécanisme de la polycondensation de l'anhhydride phtalique et du glycérol.Formation des résines glyphtals. — E. CANALS et R. MARIGNAN : Etude de l'eau de cristallisation par l'effet Raman. — A. GOSSELIN :

Remarque sur le mémoire n° 49 de MM. R. AUDUBERT et RACZ : Emission de rayonnement par combustion du carbone. — H. HÉRING : Le système ternaire CL_2 CD-CLNa-H_2O. Deuxième mémoire. Equilibres aux températures inférieures à 19°5, et représentation d'ensemble. — G. LAUDE et J. WIEMANN : Réduction d'un mélange de deux cétones R_1 COR_2 et R_3CPO_4 par le sodium ; préparation de glycol mixte R_1 R_2 C(OH) — C(OH) R_3R_4. — C. MENTZER, P. GLAY, D. MOLKO et M[lle] D. BILLET : II. Substances œstrogènes de la série des coumarines. — E. MONTIGNÉE : Les phospures d'aluminium. — Max MOUSSERON : Recherches en série alicyclique. Généralités. Etude des cyclanes (1er mémoire). — Max MOUSSERON, Roger RICHAUD et Robert GRANGER : Recherches en série alicyclique. Etude des cyclines (2e mémoire). — Max MOUSSERON et François WINTERNITZ : Recherches en série alicyclique (3e mémoire). Etude de quelques cyclohexadiènes. — Max MOUSSERON et Jean JULLIEN : Recherches en série alcyclique. Etude de dérivés acétyléniques (4e mémoires). — Max MOUSSERON, Robert GRANGER et Joseph VALETTE : Recherches en série alicyclique (5e mémoire). Dérivés mono- et di- halogénés. — Max MOUSSERON et Robert GRANGER. : Recherches en série alicyclique. Etude des organo-magnésiens (6e mémoire). — R. PAUL : Activation du nickel de Rancy par addition de métaux autres que les métaux précieux. — Félix TROMBE et Marc FOEX : Remarques sur la combustion du carbone à haute température. — L. VELLUZ et M[lle] G. ROUSSEAU : Recherches sur la séparation des cétostéroïdes. II. Précipitation de la progestérone par le dihydragide lutidine-2.6-dicar boxylique-3.5.

Journal de Physique et le Radium. Tome VII, N° 1, janvier 1946. — G. RIBAUD : Chauffage par induction d'un disque circulaire mince normal aux lignes de champ. — M. HAISSINSKY : Echelle des électro-négativités de Pauling et chaleur de formation des composés inorganiques. — M[me] P. DAUDEL et R. DAUDEL : L'introduction du facteur chargé dans l'échelle des électro-négativités de Pauling. — M[lle] M.-L. DELWAULLE et F. FRANÇOIS : Etude d'ensemble des spectres Raman des molécules pentatomiques tétrarédiques. I

3° Sciences Naturelles

Archives des Sciences Physiques et Naturelles. Vol. XXVIII, 5e Période, janvier-février 1946. — J.-W. SCHROEDER. — Géologie de l'île de Larak. Contribution à l'étude des dômes de sel du Golfe Persique. Comparaison avec la Salt Rouge (avec 1 planche). — J. HAFELIN : La dispersion et l'absorption de l'alcool isolutylique dans les ondes courtes (avec 12 fig.).

Bulletin de la Société Nationale d'Acclimatation. 92e Année, N[os] 1-2, janvier-juin 1945. — P. BARRUEL : Notes pour servir à l'identification des oiseaux dans la nature. — Ph. GUINIER : Dunes et landes de Gascogne. Leur mise en valeur par le boisement. Le passé et l'avenir. A propos du vol sans visibilité des chauves-souris.

Bulletin de la Société Nationale d'Acclimatation. Tome IXCII, N[os] 3-4, juillet-décembre 1945. — R.-P. LICENT : Recherches paléontologiques dans le bassin du golfe du Pei tcheu ly —. — R.-D. ETCHECOPAR : Le parasitisme et l'oologie. — P. BARRUEL : Notes pour servir à l'identification des oiseaux dans la nature.

Bulletin de la Société Portugaise des Sciences Naturelles. Tome XIII, 1938-1941. — J.-M. PIRES SOARES : Anomalies de croissance des arbres. II. Un *Platanus orientalis* L. et un *Quercus suber* L. avec un tronc commun. — A. NUNES ABOIM : Quelques anomalies morphologiques et de coloration chez une Sole (*Solea senegalensis* KAUP). — A. GONÇALVES DA CUNHA : Anomalies des plantes. — A. GONÇALVES DA CUNHA et CARLOS TAVARES : Sur le développement d'embryons de Blé détachés de l'albumen et du scutellum. — F. FRADE : Un *Asellus* (Isopode) nouveau des eaux souterraines du Portugal (note préliminaire). — A. GONÇALVES DA CUNHA et L. GONÇALVES SOBRINO : Un cas de xéro-série. — CARLOS TEIXEIRA : *Mariopteris* do carbonifero portugês. — A. PEREIRA FORJAZ, KURT P. JACOBSOHN et J. TAPADINHAS : L'action de l'eau lourde sur le système des aconitases. — D. PEDRO DA CUNHA : Recherches sur les enzymes placentaires. Les aconitases. — A. NUNES ABOIM : Quelques anomalies morphologiques et pigmentaires chez des Soléidés (*Solea vulgaris* QUENS. et *S. senegalensis* KAUP.). — CARLOS TAVARES : Notes lichénologiques. — A. NUNES ABOIM : La graisse de l'organe interrénal des Sélaciens. — A. CONÇALVES DA CUNHA : Sur la flore charologique des îles Açoréennes. — A. PEREIRA FORJAZ, K.-P. JACOBSOHN et J. TAPADINHAS : Sur l'intervention fermentaire de l'hydrogène lourd. — KURT P. JACOBSOHN : Sur la structure fermentaire du système des aconitases. — KURT P. JACOBSOHN : Sur les enzymes s'attaquant à des doubles liaisons (alcenoïcases). — J.-A. MARTINS D'ALTE et ALVARO MOITAS : Malformation du tragus. — KURT P. JACONSOHN et MANUEL SOARES : Sur l'intoxication des aconitases.— KURT P. JACOBSOHN : Sur l'équilibre dans le système des aconitases. — AMÉLIA BACELAR : Aracnideos portugueses. — K.-P. JACOBSOHN et ANSELMO DA CRUZ : L'insuline et la fermentation citrique. — KURT P. JACOBSOHN : Nouvelles études sur l'équilibre du système des aconitases. — F. FRADE : Soliugos das colónias portuguesas (Angola, Guiné e Moçambique). — KURT P. JACOBSOHN et ANSELMO DA CRUZ : Les hydratases et les vitamines d'osyréduction. — LUÍS DE OLIVEIRA MAIA : Le grain de pollen dans l'identification et la classification des plantes. — KURT P. JACOBSOHN et J. TAPADINHAS : Recherches oncologiques sur les hydratases sanguines et urinaires. — A. GONÇALVES DA CUNHA : Additions à la flore charologique du Portugal. — CARLOS TAVARES : Notes lichénologiques. — A. GONÇALVES DA CUNHA : Sur l'existence de *Synchytrium papillatum* Farlow au Portugal. — J.-M. PIRES SOARES : Anomalies de croissance des arbres. III. Le Platane du Parc Municipal de Sintra. — J.-M. PIRES SOARES : Anomalies de croissance des arbres. IV. Le Pin de Parede (Côte du Soleil). — KURT P. JACOBSOHN et J. PAPADINHAS : Sur l'optimum de température des enzymes provenant d'animaux proïkilothermes.

Le Naturaliste Canadien. N[os] 1 et 2, 1946. — Abbé E. LEPAGE : Variations taxonomiques de trois espèces laurentiennes. — J.-P. CUERRIER, F.-E.-J. FRY et G. PRÉFONTAINE : Liste préliminaire des poissons de la région de Montréal et du lac Saint-Pierre. — Abbé E. LEPAGE : Les lichens, les mousses et les hépatiques du Québec.

Archives néerlandaises de Zoologie. Tome VII, 1re et 2e Livraison, Leiden, octobre 1945.— A. PUNT et J. JONGBLOED : Sur les facteurs influençant les échanges gazeux des Poissons. — C.-J. van der KLAAUW : Crâne cérébral et crâne facial. — B.-J. KRIJGSMAN : Electro-physiologie du système nerveux périphérique. — A.-P.-C. DE VOS : Contribution à la Faune des Copépodes des Pays-Bas. — Chr. P. RAVEN : Le développement de l'œuf de la *Limnaea stagnalis* L. depuis la ponte jusqu'à la première division. — H.-J. JORDAN : Quelques nouvelles théories sur le mouvement musculaire. — A. SCHREUDER : La faune de Tegelen, avec description de nouveaux restes de ses composants rares (*Leptobos, Archidiskodon meridionalis, Macaca, Sus strozzii*). — A. PUNT : Influence de la température sur les échanges gazeux des Poissons. — L. TINBERGEN et J. VERWEY : Sur la biologie du *Loligo vulgaris* Lam. — Comptes rendus de la Société néerlandaise de Zoologie, août 1942, juillet 1943.

4° Sciences Médicales

Journal de Radiologie et d'Electrologie. Tome XXVII, N[os] 1-2 1946. — P. PORCHER, C. GIANTURCO, E. GILLES et J. BARBADAULT : Etat actuel de la question « localisation des corps étrangers intraoculaire ». — R. HICHEL : Méthode personnelle de compression dosée appliquée à la recherche radiologique des lésions organiques de l'estomac et du duodénum (cancer au début excepté). — A. BADOLLE : Les conceptions actuelles du traitement du fibrome. La position de la radiothérapie. — J.-A. MATHEZ : Le néoplasme malin du sinus maxillaire se traite uniquement par la radiothérapie profonde. — LE GÉNISSEL et BALZINGER : Un cas atypique d'ostéopathie de carence. — P. PIZON : Gastroprose vraie.

Paris-Médical. N° 9, 2 mars 1946. — M. BARIETY et R. LESOBRE : Les maladies respiratoires en 1946. — P. SANTY, M. BÉRARD et P. GALY : Kystes et abcès du poumon, — M. BARIÉTY et A. HANAUT : Réflexions sur la silicose et les pneumocanioses silicotiques. — P.-E. DAVY et F. TISON : L'examen des crachats chez le tuberculeux pulmonaire et ses incidences cliniques.

Paris-Médical. N° 10, 9 mars 1946. — P. HARVIER, B. DENIL, H. GRIFFON et P. LEBRETON : Le syndrome hémogénique de soudeurs (purpura hémorragique, aigu, récidivant et curable). — P. CHAUCHARD : Un nouveau moyen de chiffrer rapidement l'état hormonal gravidique : le diagnostic chronaximétrique de la grossesse. — PLANSON : Paraplégie spasmodique familiale.

Paris-Médical. 36e année, n° 11, 16 mars 1946. — J. LAVEDAN : Erysipèle et cancer. A propos de deux observations inédites. — A. TAILHEFER et G. DULAC : Diagnostic et traitement du cancer du sein par la chirurgie et l'association radio-chirurgicale. Résultats éloignés.

Paris-Médical. 36e année, n° 12, 23 mars 1946. — BLANC et F. SIGUIER : Les pneumopathies, présuppuratives d'origine amibienne. — E. ROQUES et J. BRUX : Polynévrite sévère par administration prolongée de sulfadiazine. — R. WEILLE, B. LATSCHA, R. VOISIN et J. COUGOUL : Quinze milles hémodiagnostics rapides du typhus au cours du rapatriement.

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : L. OLIVIER (1890-1920).
irecteurs : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937), R. ANTONY (1937-1941).

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Dr Gaston DOIN,
8, Place de l'Odéon, Paris (VIe)

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Sixième Congrès nternational de Mécanique appliquée

Première notice

A la suite d'une réunion provoquée par MM. de ármán et Hunsaker, agissant en qualité de secré-ires du cinquième Congrès international de Mé-nique appliquée, et compte tenu de la décision ise à Cambridge (Massachusetts) en 1938, un omité a été formé pour organiser le sixième Con-ès international de Mécanique appliquée qui ra lieu à Paris, du 22 au 29 septembre 1946.

Les invitations sont faites au nom de : l'Acadé-ie des Sciences de l'Institut de France, la Direc-on des Relations culturelles, le Centre national la Recherche scientifique, l'Institut de Méca-que de la Faculté des Sciences de Paris, la Société ançaise des Mécaniciens, l'Association technique aritime et Aéronautique.

Le Congrès aura lieu à la Sorbonne.

Les sections du Congrès seront les suivantes : Structures. Elasticité. Plasticité. II. Hydro- et érodynamique. Hydraulique. III. Dynamique s solides. Vibrations et son. Frottement et lubri-ation. IV. Thermodynamique. Transfert de aleur. Combustion. Questions théoriques sur Énergie nucléaire.

A côté des communications, il sera donné plu-eurs conférences générales, sur des sujets à ordre du jour, qui seront précisés ultérieure-ent.

Les auteurs de communications éventuelles sont priés de faire connaître, dès que possible, le titre des travaux qu'ils désirent présenter au Congrès. Comme d'habitude, seuls peuvent être admis des Mémoires d'une haute tenue scienti-fique, se rapportant au programme du Congrès.

Les auteurs sont priés de faire parvenir au Se-crétariat du Congrès le texte de leurs communi-cations (au plus 5.000 mots) ou, à défaut, un ré-sumé (moins de 300 mots) avant le 31 juillet 1946. Il serait souhaitable que les résumés puissent être distribués aux Congressistes, en vue de faciliter les discussions qui doivent suivre les exposés. Le Comité d'Organisation espère pouvoir le faire, mais il serait reconnaissant aux auteurs qui pour-raient lui faciliter sa tâche en envoyant ou appor-tant eux-mêmes des tirages du résumé de leur communication.

Les Comptes rendus du Congrès, contenant les Procès-verbaux des délibérations, ainsi que les textes des Conférences générales et des Communi-cations, seront publiés dans le plus court délai après le Congrès. La vente de ces volumes sera ré-servée, par priorité, aux membres du Congrès qui en auront fait la demande. Les exemplaires en sur-nombre seront ultérieurement mis dans le com-merce, à un tarif majoré.

Des facilités pour le séjour des Congressistes à Paris sont prévues et seront portées en temps utile à la connaissance des intéressés. De même, des excursions et des visites à divers établissements,

sites ou monuments, seront organisées comme il a été de coutume dans les Congrès antérieurs.

Les droits d'inscription pour participer aux travaux du Congrès sont fixés à 300 fr. (trois cents francs) payables dès maintenant, et, au plus tard, le jour de l'ouverture du Congrès. Les dames accompagnant les Congressistes sont dispensées des droits d'inscription — sauf dans le cas où elles auraient l'intention de prendre la parole dans les séances, et d'y présenter des communications.

Le Comité français d'Organisation du Congrès est ainsi constitué :

Président : Henri Villat ; Secrétaire général : Maurice Roy ; Membres : Emile Barrillon, Louis de Broglie, Albert Caquot, Paul Dumanois, Jules Drach, Frédéric Joliot, Henri Laugier, Joseph Pérès, Ernest Vessiot.

Les Congressistes sont priés de bien vouloir faire connaître, dès que possible, leur intention de participer au Congrès, en en avisant le Secrétaire général, et en même temps de fournir une indication sur la section dans laquelle ils désirent présenter une Communication. Ceci en vue de l'envoi des prochaines Notices.

Les correspondances sont à adresser à :

M. le Secrétaire général du sixième Congrès international de Mécanique appliquée, Institut Henri-Poincaré, 11, rue Pierre-Curie, Paris (V[e]).

Les versements éventuels peuvent être adressés sous l'indicatif :

Sixième Congrès international de Mécanique appliquée, Institut Henri-Poincaré, 11, rue Pierre-Curie, Paris (V[e]).

Un mode de versement recommandé est le virement au compte de chèques-postaux, Paris, n° 649 (adresse précédente).

A propos des projets de réforme de l'Enseignement Supérieur Nécessité d'une réforme de méthode (1)

Des projets de réforme de l'Enseignement Supérieur, officiels ou officieux, commencent à circuler et à être soumis à l'appréciation des intéressés. Résolument innovateurs par la hiérarchie qu'ils proposent d'établir entre les années universitaires (2) et entre les Universités elles-mêmes, ils n'envisagent aucunement le problème de la *méthode* d'enseignement, et sous-entendent clairement la conserver telle qu'elle est. Il y a là, nous semble-t-il, une lacune — ou une erreur — extrêmement regrettable et grave : nous avons la conviction profonde que les réformes de structure, quelles qu'elles soient, resteront inopérantes si la technique même de l'Enseignement Supérieur n'est pas modifiée. Et nous croyons que la réforme de cette technique est aussi nécessaire, et même plus urgente, que celle de la structure.

Notre Enseignement Supérieur est essentiellement centré sur les cours et conférences professés *ex cathedra*. Ils sont confiés au personnel hiérarchiquement le plus élevé, donc censé le plus compétent. Ils conditionnent à l'examen les épreuves écrites, éliminatoires et, en fait, généralement décisives. Première singularité : cet enseignement est à sens unique. Durant toute l'année scolaire, l'orateur voit des visages dont il tente de provoquer et d'interpréter les réflexes, mais qui, sauf dans les enseignements à effectif très réduit, lui restent anonymes. Qui sont ces élèves, quelle est leur origine, leur assiduité, leur méthode de travail, quelles sont leurs connaissances, leurs lacunes, leurs difficultés, leurs critiques, leurs projets, sont-ils satisfaits ou déçus ? De l'autre côté du « comptoir », le Professeur en vain se le demande, qui voudrait représenter plus et mieux qu'un disque de gramophone, et qui regrette, mais en le comprenant, que les Etudiants reculent, par réserve et timidité, devant l'initiative d'un contact direct qui ne pourrait pas s'étendre à leur généralité. Ce contact ne se réalise, brièvement, que lors de l'examen oral, c'est-à-dire au moment même où « tout est consommé », et dans les conditions les plus artificielles possibles. Si, consciencieux, le Professeur désire au préalable une appréciation sur le travail et les mérites de ses candidats, il lui faut la demander à l'Assistant ou Chef de Travaux chargé de l'enseignement pratique, qui, lui, les aura directement connus, suivis et notés. Contrôle précieux, mais insuffisant : la matière des T. P. n'est jamais celle des cours ; se répétant d'année en année, alors que les cours s'étendent sur deux ou trois ans, ils n'en illustrent qu'une faible partie : les qualités et les connaissances auxquelles ils font appel ne sont pas les mêmes.

Pourquoi faire des cours, pourquoi les suivre ? Pourquoi ne pas les remplacer par des livres ? Il n'est pas de professeur, ni d'élève, qui ne se soit posé la question. La réponse est essentiellement celle-ci : l'enseignement *ex cathedra* représente une tradition, un « organe vestigial » qui a la particularité de ne pas être devenu rudimentaire ; il est hérité d'une époque où il était le seul possible. *Dans les Universités, sauf à Oxford et Cambridge,*

(1) Les opinions émises sous la rubrique « *Chronique et Correspondances* » n'engagent la responsabilité que de l'auteur et la Revue G[le] des Sciences ne prend pas parti dans les thèses présentées dans la correspondance.

(2) Dans la présente étude, l'auteur n'envisagera, en raison de sa spécialisation, que le cas des études scientifiques, plus particulièrement celles de Biologie animale.

n attache aux cours et conférences une importance bsolument disproportionnée. On oblige les étudiants assister à des cours innombrables, et les règlements endent difficile, voire souvent impossible, à quionque — quelque intelligent et bien documenté u'il soit — d'obtenir un diplôme sans avoir suivi es cours, et sans pouvoir, en conséquence, reproduire la façon d'un perroquet les idées et les tournures référées du professeur. Les conférences, en tant que néthode d'enseignement, remontent aux époques clasique et médiévale, avant l'invention de l'imprimerie. Lorsque les livres valaient leur pesant d'or, les profeseurs étaient obligés de faire des conférences. L'imprimerie à bon marché a radicalement changé la ituation qui avait produit le conférencier de l'antiuité. Et pourtant — anomalie invraisemblable ! — e conférencier subsiste, et est même florissant. Dans outes les universités d'Europe, sa voix continue à onronner et à braire comme elle ronronnait et brayait ux jours de Duns Scotius et de Thomas d'Aquin. Les conférenciers sont aussi anachroniques qu'un nauvais système d'évacuation des eaux ménagères ou que des chandelles de suif : il est grand temps de s'en défaire. Ce jugement d'Aldous Huxley (1) est dur, mais juste ; la qualité de la citation excusera sa longueur.

Il y a, à remplacer l'enseignement oral par des ivres, des avantages et des inconvénients.

I. Les avantages.

1° Lorsqu'il existe, pour les matières enseignées, les manuels ou traités relativement récents et aisonnablement bien faits, et surtout lorsque eux-ci sont publiés dans la langue même de l'eneignement, le Professeur en trouve son travail echniquement facilité, mais moralement il se voit placé dans une situation presque dramatique. Si, ort légitimement, il se contente de puiser à ces ources, et que, par malheur (!), se sauditeurs la connaissent et la possèdent, que deviendra son restige ? Comment justifiera-t-il son rôle aux yeux les étudiants qui, immanquablement, déserteront 'amphithéâtre, en dépit de tous les traquenards lont ils se sauront menacés pour le jour de l'examen ? Qu'il veuille, pour éviter ce camouflet, aire preuve à tout prix d'idées et de documents personnels, le voilà obligé de chercher, à des ources si possible connues de lui seul, le condiment qui relèvera d'une saveur originale ce plat out préparé et suffisamment substantiel, en le endant d'une digestion inutilement plus difficile : l fera passer son amour-propre avant l'intérêt des tudiants. Dans les deux cas, son enseignement lui era une fastidieuse corvée. Quel soulagement, s'il pouvait consacrer ce temps à un enseignement vraiment inédit, ou à la recherche !

2° Pour l'Etudiant, l'avantage ne serait pas moindre. Qu'il s'agisse de rattraper les cours manqués, de combiner des enseignements dont les horaires peuvent coïncider, ou de préparer un examen loin du centre universitaire, il sait que les cahiers, empruntés — non sans peine — à ses camarades, sont peu lisibles et comportent d'innombrables erreurs et lacunes, auxquelles aucun contrôle ne viendra jamais remédier). Pour le professeur, il n'est pas de sentiment plus déprimant que de voir, en fin d'année, dans les cahiers de ses auditeurs, les informes caricatures de ce qu'il croyait être un cours bien bâti...). Pourquoi ne pas mettre d'emblée entre les mains de l'étudiant un document connu, contrôlé et sûr, quitte à lui en signaler les éventuelles lacunes ou erreurs ?

II. Les inconvénients.

1° « Les livres n'existent pas. » — Ce n'est vrai que très partiellement, par exemple en zoologie systématique, où cependant les éditions Hermann ont commencé la publication d'une série de « leçons de zoologie ». En biologie et en physiologie, d'excellentes mises au point ont paru, et continuent à paraître, en particulier dans les collections de l'*Encyclopédie scientifique* (Doin), *Philosophie Scientifique* (Flammarion), « *Que Sais-Je* ? » (Presses Universitaires), *Sciences d'Aujourd'hui* (Albin Michel), chez Armand-Colin, chez Hermann, à la N.R.F., etc., sans parler des traités et manuels (par exemple pour le P.C.B.). Il en est de même, à notre connaissance, dans les autres disciplines. D'ailleurs, si les livres n'existent pas, il sera facile de les faire ; si le programme est précisé, uniformisé, et assuré de ne pas être constamment modifié, ils sont certains de rencontrer d'emblée une très large clientèle.

2° « Les livres sont rapidement périmés. » — Sauf pour l'enseignement très avancé et spécialisé du 3e cycle, il semble fort peu important que l'étudiant ne soit pas instruit des toutes dernières acquisitions de la science ; s'il a des connaissances solides sur l'état qu'elle a atteint il y a 5 ou 10 ans, il pourra satisfaire aux exigences les plus raisonnables. Pourrait-on affirmer, d'ailleurs, que l'enseignement oral soit partout au niveau des dernières acquisitions ? On en connaît, de ces vétérans chevronnés, qui imperturbablement continuent à réciter le cours qu'ils ont composé au début de leur carrière ! Nous en avons connu un — illustre savant, d'ailleurs —, qui, durant quelques vingt ans, répétait aux mêmes endroits d'un cours stéréotypé, les mêmes immenses lapsus, d'ailleurs empruntés à un livre ; les étudiants, prévenus par leurs aînés, les guettaient avec impatience, et sa-

(1) Aldous Huxley. — « Le plus sot animal... ». Trad. Jules Castier. Editions La Jeune Parque, Paris, 1945.

luaient avec une joie débordante — qui d'ailleurs le laissait impassible — la réapparition de ce phénomène périodique...

3° « Le cours instruit surtout celui qui le prépare. » — C'est encore exact, du moins lorsqu'il s'agit d'un enseignement pas trop élémentaire, d'un sujet assez fréquemment renouvelé, et d'un esprit n'ayant pas perdu toute curiosité scientifique. Mais, dans ce cas, l'enseignement pratique lui offrira des possibilités de perfectionnement au moins égales : s'il trouvait plaisir et profit à enseigner au tableau noir, combien n'en aura-t-il pas davantage à se familiariser directement avec les phénomènes et les techniques, et à en faire à ses étudiants la démonstration concrète ! Il ne s'agit pas de supprimer l'enseignement, mais de lui donner une forme différente.

4° « La parole a une vigueur, un dynamisme, qui manque à la lecture d'un texte. » C'est exact lorsque le professeur est un excellent pédagogue ; mais alors ses qualités, loin de devenir inutiles, trouveront dans l'enseignement pratique une utilisation particulièrement précieuse, et un retentissement encore supérieur. Dans le cas contraire, qui est au moins aussi fréquent, l'utilisation fondamentale d'un livre bien fait soulagera autant le conférencier que son auditoire.

5° Encore qu'inavouée, on croit parfois sentir une autre réticence, d'ordre psychologique. Il est peut-être permis de se demander si certains professeurs, dont la curiosité scientifique est éteinte et la production personnelle fort limitée, ne voient pas dans la charge de leur enseignement à la fois un alibi moral commode et la justification de leur existence. Il semble que l'intérêt général autoriserait à négliger une telle considération.

En résumé, il y aurait, à cette réforme de méthode, des avantages certains et immenses, tant pour les étudiants que pour les professeurs ; les inconvénients sont légers, temporaires et remédiables. *La suppression de l'enseignement* ex cathedra *nous semble s'imposer.* Empressons-nous d'ajouter qu'elle ne devra pas être absolue, et qu'elle devra être corrélative d'une réforme de l'enseignement pratique. Ceci nous oblige à considérer de plus près la division de l'Enseignement Supérieur en 3 cycles sucessifs.

A. — Le 1er cycle (2 ans) pourrait porter (voir p. 61, note 2), par exemple durant une année sur la zoologie, durant l'autre sur la physiologie animale et la biologie générale. On pourrait en définir le niveau en prenant comme terme de comparaison, pour la zoologie, le « *Cours Elémentaire de Zoologie* » de Rémy Perrier (aujourd'hui périmé), pour la physiologie et la biologie, le programme actuel du P.C.B. ou le niveau des « *Que Sais-je* ? ». Tout cet enseignement pourrait se faire à l'aide de documents écrits et de travaux pratiques. On pourrait envisager deux séances hebdomadaires de trois heures chacune (et autant pour les trois autres disciplines : botanique, physique, chimie), consistant exclusivement en démonstrations et manipulations, sur le choix desquelles les spécialistes devraient facilement pouvoir se mettre d'accord ; préparée à l'aide de lectures déterminées, elles en constitueraient à la fois l'illustration et le contrôle ; sauf impossibilité absolue, l'étudiant verrait de ses yeux, toucherait de ses doigts, les structures et les phénomènes, ou tout au moins les données desquelles ceux-ci sont déduits. C'est le professeur, abandonnant décidément la redingote pour la blouse de laboratoire, qui dirigerait et commenterait ces exercices, qui complèterait, rectifierait, vivifierait les textes écrits, sans jamais perdre le contact immédiat du matériel concret ; des Assistants l'aideraient, dont le nombre, comme le prévoit très heureusement le projet officiel de réforme, serait proportionné à celui des étudiants. D'autre part, une journée serait consacrée, chaque semaine, à une sortie : au 1er semestre, les physiciens et chimistes dirigeraient des visites commentées, d'usines, d'installations techniques ou industrielles ; au deuxième, les naturalistes dirigeraient une prospection de la faune, de la flore et du terrain régionaux. Ainsi calculé, l'horaire laisserait à l'étudiant un temps suffisant pour les lectures qui constitueront l'essentiel de sa préparation (et aussi pour l'étude, fort judicieusement prévue par le projet de réforme, d'une langue étrangère).

— B. Le 2e cycle comporterait pendant 2 ans un enseignement de biologie générale et, selon les possibilités locales, un enseignement soit de zoologie, soit de physiologie animale, ou les deux. Continuant le précédent sans y revenir, il pourrait être raisonnablement complet, d'un niveau correspondant par exemple à celui des collections Doin, Flammarion ou N.R.F. La technique serait celle du 1er cycle, avec cependant une addition. Nous citerons encore Aldoux Huxley : « *J'ai souvent eu l'occasion de m'étonner de l'incapacité totale qu'éprouvent des gens même instruits à suppléer à leur ignorance, même lorsqu'ils le désirent sérieusement. Mis en face d'un problème déterminé, je les ai vus sans la moindre notion de ce qu'il y a lieu de faire pour le résoudre. Ils ont des bibliothèques autour d'eux ; mais ils ne savent pas s'en servir. Les catalogues, les bibliographies, les index analytiques, sont pour eux des mystères. Elevés dans des écoles où les maîtres leur ont donné les produits ouvrés de l'érudition, et ont négligé de leur montrer comment on fait soi-même des recherches, ils sont absolument perdus quand ils ont à s'instruire eux-*

ɛ̇mes. » On comblerait cette lacune en demandant ıaque semaine aux étudiants (groupés en équipes, ır le temps manquerait pour proposer un sujet chacun d'eux individuellement) un exposé oral ır « Récents progrès dans la connaissance de... » ; nsi ils apprendraient à connaître et à utiliser les pertoires bibliographiques, à choisir judicieuse-ent les travaux à étudier, à faire l'analyse de ces avaux, et la synthèse de ces analyses.

C. — *Enfin, au 3e cycle, interviendrait l'enseigne-ent oral,* ex cathedra. Son niveau serait obliga-oirement supérieur à celui des synthèses écrites assiques, traités ou manuels. Il constituerait ne synthèse, une mise au point inédite, de tra-aux récents, basée essentiellement sur l'étude des ıémoires originaux, et représenterait réellement état actuel de la science, en montrant la voie dans ıquelle celle-ci semble s'engager. Lui seul mérite effort considérable, le temps précieux, que néces-te la préparation d'un cours ; lui seul est digne e la compétence et des qualités qu'on est en droit 'exiger d'un professeur d'Université. Nul doute u'à le préparer celui-ci ne prenne autant de plaisir t d'intérêt qu'il éprouve aujourd'hui d'ennui t de répulsion devant le monotone démarquage de ıanuels élémentaires. Parallèlement se feraient es travaux pratiques entrepris par des équipes 'étudiants, et dont le thème serait la reprise et la érification rigoureuse d'une quelconque recherche écente et intéressante, dans la limite des possibi-tés du laboratoire, où dorénavant l'étudiant aurait bre accès. Le sujet en serait changé, sauf intérêt ıajeur, tous les semestres. Il ne s'agirait pas, à pro-rement parler, de recherches originales, encore u'en certains cas heureux cet exercice pourrait en evenir le début. L'étudiant apprendrait à voir, interpréter, à se documenter, à discuter, en un ıot, à devenir un travailleur indépendant, un hercheur.

Ce programme d'études n'est, bien entendu, qu'une rapide esquisse, une possibilité parmi beaucoup d'autres qui, peut-être, plairont davan-tage. Mais la réforme de la *méthode* d'enseignement, à notre avis, s'imposera, et cela même si l'on ne retient pas le principe des « cycles » successifs, dans lequel cependant elle s'intègrerait particu-lièrement bien. Elle nous semble s'imposer pour les sciences biologiques, probablement aussi pour la physique et la chimie, peut-être même — avec quelques correctifs — pour les mathématiques ; les littéraires, juristes, médecins et pharmaciens déci-deront de son opportunité dans leurs enseigne-ments. Sans doute rencontrera-t-elle de très réelles difficultés, administratives, financières, techni-ques (1), psychologiques. Le personnel enseignant chargé de rassembler, d'étudier, de mettre au point, d'entretenir et de renouveler ce vaste ma-tériel d'enseignement pratique (2), devra y sacri-fier de nombreuses années ; la perspective peut légitimement ne pas le séduire. Mais il faut savoir ce que l'on veut. Si l'on reconnaît que, sous peine d'asphyxie progressive — et rapide — de l'ensei-gnement supérieur et du recrutement scientifique, cette médication est nécessaire, il faudra bien s'y résigner. Et le plus tôt sera le mieux.

(1) Les deux années d'un même cycle devront-elles se suivre dans un ordre déterminé ? Les deux réponses sont défendables· Dans l'affirmative, chaque Faculté devra dispenser les deux enseignements simultanément. Dans la négative, elle pour-rait se contenter, chaque année alternativement, d'un seul, en le « couplant » avec celui d'une Faculté voisine dont le cycle serait décalé d'un an. Il en résulterait pour certains étudiants — les « recalés », ceux qui changent de Faculté en cours d'études — quelques complications, et la nécessité de migrations inter-universitaires qui, du reste, n'auraient pas que des inconvé-nients. Les Facultés, elles, y réaliseraient d'importantes écono-mies de personnel et de matériel.

(2) Sa préparation devra être répartie, à l'échelle nationale, entre les divers laboratoires de recherche, chacun fournissant à toutes les Facultés les pièces, préparations, etc., correspondant à sa spécialité.

ROBERT WEILL,

Professeur à la Faculté des Sciences, de Bordeaux.

LES PHÉNOMÈNES D'OXYDO-RÉDUCTION ET LE COEFFICIENT rH

Les phénomènes d'oxydation et de réduction interviennent dans de nombreux processus de nature minérale ou organique. Ils jouent un rôle essentiel dans les transformations et le développement de la matière vivante. D'où l'intérêt qu'a présenté la mise au point des méthodes permettant d'apprécier les propriétés oxydantes ou réductrices des milieux liquides. C'est à un bref exposé des principes sur lesquels reposent ces méthodes que nous nous sommes proposés de consacrer la présente étude (1).

Mécanisme des phénomènes d'oxydation et de réduction. — Considérons un phénomène de réduction, par exemple celui où l'action de l'hydrogène naissant sur du chlorure ferrique fournit du chlorure ferreux et de l'acide chlorydrique. L'équation de la transformation s'écrira :

(1) $$Cl^3Fe + \frac{1}{2} H^2 \rightarrow Cl^2Fe + ClH$$

ou, en mettant en évidence les ions :

(1 *bis*) $$3\, Cl^- + Fe^{+++} + \frac{1}{2} H^2 \rightarrow 2\, Cl^- + Fe^{++} + Cl^- + H^+$$

on peut encore simplifier l'équation en supprimant les ions Cl^- dans les deux membres :

(2) $$Fe^{+++} + \frac{1}{2} H^2 \rightarrow Fe^{++} + H^+$$

Par réduction, l'ion ferrique Fe^{+++} s'est transformé en ion ferreux Fe^{++} en perdant une charge électronique positive ce qui s'effectue par capture d'un électron négatif ; le corps qui produit la réduction, ici l'hydrogène naissant, a au contraire fixé une charge électronique positive ce qui est réalisé par la perte d'un électron négatif.

C'est là un résultat général : l'analyse d'un phénomène quelconque d'oxydation ou de réduction montrerait que le corps qui s'oxyde perd des électrons, les électrons ainsi libérés étant captés par le corps qui se réduit.

Schématisant encore davantage l'équation de la réduction du sel ferrique, nous pourrons remplacer dans l'équation le réducteur utilisé par le nombre d'électrons qu'il libère en s'oxydant. En désignant par e la charge électronique négative, l'équation (2) s'écrit alors :

(3) $$Fe^{+++} + e \rightarrow Fe^{++}$$

L'ion ferrique se réduit à l'état d'ion ferreux par fixation d'un électron négatif. Inversement, l'oxydation de l'ion ferreux à l'état d'ion ferrique s'interprète par la perte d'un électron négatif :

$$Fe^{++} - e \rightarrow Fe^{+++}$$

Les phénomènes d'oxydation ou de réduction les plus intéressants sont ceux pour lesquels il s'établit en solution un équilibre entre la forme oxydée et la forme réduite. En désignant par *ox* la forme oxydée et par *red* la forme réduite, l'équation traduisant l'équilibre entre les deux formes pourra s'écrire :

(4) $$ox + ne \rightleftarrows red$$

ne désignant le nombre d'électrons que doit fixer la forme oxydée pour passer à la forme réduite. On appelle système d'oxydo-réduction ou mélange *redox* tout système formé par le mélange de la forme oxydée et de la forme réduite d'une même substance en solution dans un certain solvant. Comme exemple nous citerons une solution renfermant à la fois des sels ferreux et ferriques, cuivreux et cuivriques, mercureux et mercuriques, une solution mixte de quinone et d'hydroquinone, une solution d'une matière colorante organique et de son produit de réduction (par exemple le bleu de méthylène et sa leucobase incolore, l'indigo et sa forme réduite également incolore, etc.).

Application de la loi d'action des masses. — On peut appliquer la loi d'action des masses à une réaction d'oxydo-réduction réversible aboutissant à un équilibre. Si l'on considère une réaction de ce genre représentée par l'équation (4), la loi d'action des masses se traduira par la relation :

$$\frac{[red]}{[ox]} \cdot \frac{1}{[e]^n} = K$$

équation symbolique dans laquelle le corps produisant la réduction est représenté simplement par le nombre d'électrons qu'il libère. Les symboles mis entre crochets désignent les concentrations moléculaires des corps correspondants.

Dans le cas général ces électrons sont fournis par une autre substance qui passe de la forme réduite à la forme oxydée, en sorte que la réduction :

(5) $$ox_1 + n_1 e \rightleftarrows red_1$$

(1) Nous nous permettons de signaler aux lecteurs qui désireraient compléter leur information sur le sujet les deux intéressants ouvrages suivants :
HUYBRECHTS : *Le pH et sa mesure, les potentiels d'oxydo-réduction et le rH* (Masson Paris).
Paul CHOVIN sur *Le potentiel d'oxydo-réduction* (Gauthier-Villards Paris).

s'accomplit au dépens d'une oxydation :

(5 *bis*) $red_2 \rightleftarrows ox_2 + n_2 e$

La seconde réaction fournissant les électrons nécessaires à l'accomplissement de la première. Combinant les deux équations (5) et (5 *bis*) on obtient :

(6) $n_2 ox_1 + n_1 red_2 \rightleftarrows n_2 red_1 + n_1 ox_2$

l'application de la loi d'action des masses à la transformation représentée par l'équation (6) fournit la relation :

$$\left(\frac{red_1}{ox_1}\right)^{n_2} \times \left(\frac{ox_2}{red_2}\right)^{n_1} = K$$

c'est-à-dire :

$$\left(\frac{ox_2}{red_2}\right)^{n_1} = K \left(\frac{ox_1}{red_1}\right)^{n_2}$$

qui dans le cas particulier ou $n_1 = n_2$ devient :

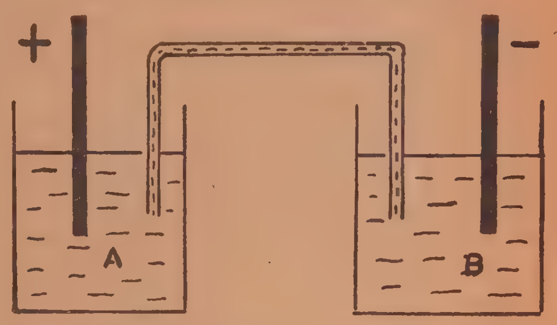
$$\frac{[ox_2]}{[red_2]} = K \frac{[ox_1]}{[red_1]}$$

Ainsi dans le cas particulier envisagé, lorsque deux ou plusieurs mélanges *redox* sont en présence, les rapports entre les concentrations des formes oxydées et réduites sont proportionnels. Si l'un de ces rapports est connu, tous les autres le sont également.

Potentiel d'oxydo-réduction. — Considérons une solution contenant un mélange *redox*, par exemple un mélange de chlorure ferreux et de chlorure ferrique, dont les formes oxydée et réduite sont en équilibre et peuvent aisément échanger entre elles des électrons.

Introduisons dans la solution une électrode inattaquable en platine ou en or poli. Si la forme réduite a tendance à s'oxyder spontanément, les électrons ainsi libérés vont être captés par l'électrode qui prendra un potentiel négatif par rapport à la solution. Si, au contraire, la forme oxydée a tendance à se réduire spontanément, les électrons nécessaires à la réduction seront fournis par l'électrode dont le potentiel deviendra positif. Dans l'un ou l'autre cas, l'électrode prendra par rapport à la solution un potentiel bien déterminé.

Considérons les deux réactions d'oxydo réduction 5 et 5 *bis* et introduisons chacun des mélanges $ox_1 + red_1$ et $ox_2 + red_2$ dans une cuve comportant une électrode inattaquable, les deux cuves étant réunies par un tube en forme de siphon renfermant du coton de verre tassé et imprégné d'une solution de *Cl* K de manière à établir une communication électrique entre les deux vases. On réalise ainsi une pile dont les lames immergées dans les deux cuves constituent les électrodes (fig. 1). La lame plongeant dans le vase A où la forme ox_1 a tendance à se réduire en fixant des électrons sera le pôle positif de la pile tandis que la lame plongeant dans le vase B où la forme red_2 a tendance à s'oxyder en libérant des électrons en constituera le pôle négatif. Si l'on réunit les deux pôles par un fil métallique de manière à fermer le circuit, le courant dans le fil extérieur sera constitué par des électrons allant de la lame qui plonge dans le vase B vers celle qui plonge dans le vase A, le courant se fermant à l'intérieur de la pile par un transport d'ions électrolytiques.



Ainsi l'accomplissement d'une réaction double d'oxydo réduction représentée par l'équation (6) peut déterminer le fonctionnement d'une pile dont la force électromotrice est égale à la différence de potentiel qui existe en circuit ouvert entre les électrodes plongeant dans les deux compartiments A et B. Si le compartiment B renferme un mélange choisi une fois pour toutes appelé mélange de référence, la force électro motrice de la pile représentera le potentiel d'oxydo-réduction du système 1 contenu dans le compartiment A par rapport au système de référence.

Par convention, on affecte ce potentiel du signe + lorsque les électrons vont spontanément de l'électrode plongeant dans le compartiment B vers l'électrode plongeant dans le compartiment A à travers le fil interpolaire. Dans ces conditions, il y aura réduction du mélange contenu dans le compartiment A et oxydation du mélange de référence contenu dans le compartiment B. Autrement dit tout système dont le potentiel est positif pourra se comporter comme oxydant par rapport au système de référence, il se comportera comme réducteur si son potentiel est négatif. Plus généralement, si deux systèmes ont des potentiels différents par rapport au système de référence, celui dont le potentiel est le plus élevé se comportera comme oxydant par rapport à l'autre. On voit par là que la mesure des potentiels de divers mélanges *red-ox* par rapport à un même système de référence permet de classer ces mélanges *red-ox* dans l'ordre de leurs pouvoirs oxydants, le pouvoir oxydant allant en augmentant avec le potentiel d'oxydo réduction.

Comme système de référence on prend habituellement une lame de platine platiné (c'est-à-dire

recouverte de noir de platine) plongeant dans une solution qui contient des ions H^+ et est surmontée d'une atmosphère d'hydrogène. Le platine platiné assure l'équilibre entre les molécules et les atomes d'hydrogène.

$$H^2 \rightleftarrows 2H$$

Dans la solution les atomes H sont en équilibre *red-ox* avec les ions H^+ suivant l'équation :

$$H \rightleftarrows H^+ + e$$

Le potentiel de l'électrode par rapport à la solution dépend de la concentration des ions H^+ dans la solution et de la pression de l'hydrogène gazeux. Pour définir le potentiel de référence on se place conventionnellement dans les conditions où l'activité des ions H^+ dans la solution est égale à l'unité et la pression de l'hydrogène gazeux égale à une atmosphère, ce qui correspond à l'électrode normale à ions H^+ utilisée dans la technique du *p*H.

On peut également adopter comme électrode de référence une électrode au calomel qui se comporte comme électrode d'oxydo-réduction étant donné que son fonctionnement se ramène en définitive à l'équation :

$$Hg \rightleftarrows Hg^+ + e$$

Désignons par E le potentiel d'oxydo-réduction par rapport à l'électrode d'hydrogène. Le potentiel par rapport à l'électrode au calomel à 18° aura respectivement pour valeur :

$$E' = E + 0^v,3360$$

si la solution de *Cl* K contenue dans l'électrode au calomel est décimale normale et :

$$E'_1 = E + 0^v,2500$$

si cette solution est normale.

Calcul du potentiel d'oxydo-réduction. — D'après Nernst, le potentiel que prend, par rapport à une solution contenant un mélange *red-ox*, une électrode inattaquable plongeant dans cette solution, a pour valeur :

$$(7) \qquad V = -\frac{RT}{F} \log_e [e]$$

ou R désigne la constante des gaz parfaits rapportée à une molécule gramme, T la température absolue, F le faraday (96 490 coulombs) et $[e]$ l'activité de l'électricité négative dans la solution, les électrons étant envisagés comme des ions électrolytiques. Considérons l'équilibre :

$$ox + ne \rightleftarrows red$$

l'application de la loi d'action de masses fournit la relation :

$$\frac{[red]}{[ox]} \times \frac{1}{[e]^n} = K$$

d'où l'on tire :

$$[e] = \sqrt[n]{\frac{1}{K} \frac{[red]}{[ox]}}$$

ce qui, porté dans l'équation (7) fournit la relation suivante indiquée par Peters :

$$V = -\frac{RT}{nF} \log_e \left(\frac{1}{K} \cdot \frac{[red]}{[ox]}\right)$$

c'est-à-dire :

$$V = -\frac{RT}{nF} \log_e \frac{1}{K} - \frac{RT}{nF} \log_e \frac{[red]}{[ox]}$$

le premier de ces deux termes présente une valeur C déterminée par la nature du mélange d'oxydo-réduction envisagé et par la température en sorte que l'on a :

$$(8) \qquad V = C - \frac{RT}{nF} \log_e \frac{[red]}{[ox]}.$$

Le potentiel par rapport à une électrode de référence quelconque, notamment par rapport à l'électrode normale d'hydrogène dont le potentiel par rapport à la solution est V_0, aura pour valeur : $E = V - V_0$ qui représente la force électromotrice de la pile constituée par l'association de l'électrode plongeant dans le mélange *red-ox* envisagé avec l'électrode normale à hydrogène. On a ainsi

$$E = C - V_0 - \frac{RT}{nF} \log_e \frac{[red]}{[ox]}$$

qu'on peut écrire :

$$(9) \qquad E = E_0 - \frac{RT}{nF} \log_e \frac{[red]}{[ox]}$$

ou E_0 désigne une nouvelle constante liée à la nature du mélange *red-ox* envisagé et qui dépend également du coefficient *p*H de la solution où se trouve ce mélange *redox* (1).

Le second terme s'annule pour $[red] = [ox]$ car le logarithme de l'unité est égal à 0. Le terme E_0 représente donc la valeur que prend la force électromotrice de la pile lorsque les formes oxydée et réduite se trouvent dans le mélange sous la même concentration (demi-réduction) ; on dit quelquefois que E_0 représente le potentiel normal ou potentiel de demi-réduction.

Dans la formule (9) R désigne la constante des gaz parfaits qui en joules par degré est égale à 8,31. D'autre part, le faraday F vaut 96.490 cou-

(1) En réalité $[red]$ et $[ox]$ ne représentent pas exactement les concentrations des formes oxydées et réduites dans la solution, mais leurs activités. Rappelons à ce propos que l'activité d'un corps dissous est égale au produit de sa concentration par un certain coefficient *f* appelé coefficient d'activité dont la valeur pour les corps ionisés dépend principalement des actions électrostatiques des ions, c'est-à-dire en définitive de leur valence, de leurs dimensions, et de la constante diélectrique de la solution. On remarquera que la détermination de E nécessite la connaissance des coefficients d'activité de $[red]$ et de $[ox]$, ou plus exactement du rapport de ces coefficients. Cependant ce rapport est souvent peu différent de l'unité en sorte qu'on peut exprimer le rapport des activités $\frac{[red]}{[ox]}$ par le simple rapport des concentrations.

lombs. Si on opère à 18° (T = 291° K) et si l'on introduit les logarithmes vulgaires ($log_e = 2,3\ log_{10}$) on obtient la relation :

$$E = E_0 - \frac{0,0577}{n} \log_{10} \frac{[red]}{[ox]}$$

Les mesures de potentiel d'oxydo-réduction peuvent s'effectuer avec le même matériel que les mesures de pH par voie électrométrique. Il importe cependant de signaler qu'au lieu d'électrodes en platine platiné, on devra utiliser des électrodes en or ou en platine poli, qu'on ne fera pas barboter d'hydrogène dans la solution à étudier et qu'on évitera à cette solution le contact de l'air (on peut utiliser un courant d'azote pour chasser les autres gaz dissous). On vient de voir que le terme E_0 appelé potentiel normal ou potentiel de demi-réduction représente la valeur de E qui correspond à l'égalité des concentrations [ox] et [red]. Comme cette égalité n'est pas toujours aisée à obtenir, on peut déterminer E_0 par une méthode graphique. Si l'on trace la droite représentant la variation de E en fonction de $log_{10} \frac{[red]}{[ox]}$, le terme E_0 est donné par l'ordonnée à l'origine de cette droite. Pour cela, si l'on peut disposer des formes [ox] et [red] à l'état de pureté, il suffira de les mélanger sous des proportions différentes de manière que le rapport $\frac{[red]}{[ox]}$ aille en croissant et de déterminer expérimentalement dans chaque cas la valeur de E. Ou bien, partant de la forme réduite red, à l'état pur, on introduira dans la solution un oxydant convenable sous des concentrations croissantes et on déterminera dans chaque cas, la concentration ox correspondante, ce qui fournira le quotient $\frac{[red]}{[ox]}$.

Application des notions précédentes à la détermination de l'exposant pH *par la méthode de l'électrode à hydrogène.* — En présence d'une électrode à hydrogène, il s'établit dans une solution un équilibre entre l'hydrogène dissous et les ions H^+.

$$2H^+ + 2e \rightleftarrows H^2$$

les molécules H^2 peuvent être assimilées à la forme réduite de l'hydrogène dont les ions H^+ représenteraient la forme oxydée (1). L'application de la loi d'action des masses à l'équilibre précédent fournit la relation :

$$\frac{[H^2]}{[H^+]^2} \frac{1}{[e]^2} = K$$

d'où l'on tire

$$[e] = \sqrt{\frac{1}{K} \frac{[H^2]}{[H^+]^2}}$$

Portant cette valeur de [e] dans la relation (7) qui fournit le potentiel que prend par rapport à la solution contenant le mélange red-ox une électrode inattaquable plongeant dans cette solution on a :

$$V = -\frac{RT}{2F} \log_e \sqrt{\frac{1}{K} \frac{[H]^2}{[H^+]^2}}$$

c'est-à-dire

$$V = C - \frac{RT}{F} \log_e \frac{[H^2]}{[H^+]^2}$$

Considérons deux solutions mises en communication électrique par un siphon conducteur dans lesquelles plongent deux électrodes de platine platiné A et B et sur lesquelles arrive de l'hydrogène à la pression atmosphérique de manière que la concentration de l'hydrogène dissous à l'état moléculaire soit la même dans les deux solutions ; si dans la solution B prise comme solution de référence l'activité des ions H^+ est égale à l'unité, tandis que dans la solution A cette activité a une valeur quelconque H^+, la différence de potentiel entre les deux électrodes, qui mesure la force électro-motrice de la pile ainsi réalisée, aura pour valeur :

$$E = V_A - V_B = -\frac{RT}{F} \log_e \frac{1}{H^+}$$

$$= -\frac{RT}{F} \times 2,30\ pH$$

d'où : $pH = -\frac{F}{2,30\ RT} E$

Introduction du coefficient rH. — Dans une électrode à hydrogène, on peut considérer qu'il s'établit un équilibre entre les molécules du gaz hydrogène situé au-dessus de la solution et les ions H^+ présents dans cette solution :

$$2H^+ + 2e \rightleftarrows H^2 \text{ gaz}$$

Ceci posé on a songé à caractériser le pouvoir réducteur d'un mélange $redox$ par la pression de l'hydrogène gazeux qui, s'exerçant sur une électrode à hydrogène, développerait le même potentiel d'électrode V que le mélange $redox$ étudié.

Désignant par P la pression du gaz Hydrogène et par H^+ la concentration ou mieux l'activité

(1) En réalité, l'équilibre d'oxydo-réduction semble s'établir directement entre les atomes H et les ions H^+ suivant l'équation :

$$H^+ + e \rightleftarrows H$$

mais au contact du noir de platine, où l'hydrogène est absorbé à l'état atomique, il y a équilibre entre les atomes H de la solution et les molécules H^2 dissoutes ou même avec les molécules H^2 du gaz surmontant la solution, puisque d'après la loi de Henry, la concentration d'un gaz dissous est proportionnelle à la pression qui s'exerce sur la solution. Pour chacun de ces équilibres envisagés, on peut appliquer la loi d'action des masses : seule se modifie la constante K à faire intervenir dans l'expression de cette loi.

des ions H^+ présents dans la solution ; on aura (1) :

$$\frac{P}{[H^+]^2} \cdot \frac{1}{[e]^2} = k$$

Introduisons la valeur de $[e]$ tirée de cette relation dans la formule (7) on obtient pour le potentiel d'électrode l'expression :

$$(10) \quad V = -\frac{RT}{2F} \log_e \frac{1}{K} - \frac{RT}{2F} \log_e P + \frac{RT}{F} \log_e [H^+]$$

Pour une électrode normale à ions H^+ la pression P du gaz hydrogène est égale à une atmosphère et la concentration $[H^+]$ des ions d'hydrogène est égale à l'unité ; dans ce cas le potentiel d'électrode pris comme potentiel de référence est :

$$(10\ bis) \quad V_0 = -\frac{RT}{2F} \log_e \frac{1}{K}$$

Pour que la différence de potentiel $V - V_0$ entre les deux électrodes soit égale au potentiel d'oxydo-réduction E caractérisant le mélange *redox* étudié, il faudra avoir :

$$E = V - V_0 = -\frac{RT}{2F} \log_e P + \frac{RT}{F} \log_e [H^+]$$

ce qui fournit en passant aux logarithmes vulgaires

$$(11) \quad E = -\frac{RT}{2F} \times 2{,}30 \log_{10} P + \frac{RT}{F} 2{,}30 \log_{10} [H^+]$$

De même qu'on désigne par pH le logarithme changé de signe de la concentration des ions H^+ présents dans une solution, on a proposé de désigner par rH le logarithme changé de signe de la pression d'hydrogène qui devrait s'exercer sur une solution de même acidité que le mélange *redox* envisagé pour que le potentiel d'électrode de la solution fut le même que celui de ce mélange *red-ox*. Autrement dit, rH représente l'exposant changé de signe de la puissance de 10 qui exprime en atmosphères la pression devant s'exercer sur la solution fictive où plonge l'électrode à hydrogène pour que le potentiel de cette électrode par rapport à la solution soit égal au potentiel que prend par rapport au mélange *redox* une lame d'or ou de platine poli plongeant dans ce mélange.

Dans la relation (11) on posera donc :

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$
$$rH = -\log_{10} P$$

ce qui fournit :

$$(12) \quad E = \frac{RT}{2F} 2{,}30\ rH - \frac{RT}{F} 2{,}30\ pH$$

(1) En réalité, on devrait faire intervenir l'hydrogène gazeux par sa concentration moléculaire, de manière que dans la relation traduisant la loi d'action des masses $\frac{[H^2]}{[H^+]^2} \cdot \frac{1}{[e]^2} = Cte$, le numérateur et le dénominateur soient évalués avec la même unité. En faisant intervenir l'hydrogène gazeux par sa pression on modifie seulement la valeur de la constante.

on en tire :

$$(13) \quad rH = \frac{2F}{2{,}30\ RT} E + 2\ pH$$

Pour la température 18° (T = 291° K) la relation (13) s'écrit :

$$rH = 34{,}7\ E + 2\ pH$$

On peut donc exprimer les propriétés réductrices d'un mélange *redox* par la valeur du coefficient rH qui lui correspond. Plus est grande la pression d'hydrogène P qu'il faudrait faire agir sur une solution de coefficient pH déterminé pour qu'elle fournisse un potentiel d'électrode équivalent à celui d'un certain mélange *red-ox* et plus est faible le coefficient rH. On voit donc que ce coefficient diminue à mesure qu'augmente l'activité réductrice du mélange *red-ox* envisagé. Si cette activité était telle que la pression d'hydrogène à faire intervenir dans les formules précédentes fut égale à 1 atmosphère, le système envisagé serait très fortement réducteur puisque son activité réductrice serait telle que sous la pression atmosphérique le mélange dégagerait de l'hydrogène : le coefficient rH serait égal à 0. Pour tous les mélanges moins réducteurs ce coefficient rH aura une valeur positive et d'autant plus grande que les propriétés réductrices du mélange sont plus faibles.

Dans l'équation (12) remplaçons E par la valeur que fournit la relation (9)

$$(14) \quad E_0 - \frac{0{,}058}{n} \log_{10} \frac{[red]}{[ox]} = 0{,}029\ rH - 0{,}058\ pH$$

ce qui a 18° fournit :

$$E_0 - \frac{0{,}058}{n} \log_{10} \frac{[red]}{[ox]} = 0{,}029\ rH - 0{,}058\ pH$$

Si l'on se place au point de demi réduction, les concentrations des formes oxydées et réduites sont égales en sorte que l'on a $\log_{10} \frac{[red]}{[ox]} = 0$, il vient :

$$(15) \quad E_0 = 0{,}029\ rH - 0{,}058\ pH$$

On voit que le potentiel de demi réduction E_0 dépend du pH de la solution. Aussi ne peut-on comparer les coefficients rH relatifs à divers mélanges *red-ox* pris à leur point de demi réduction que si ces mélanges se trouvent dans les mêmes conditions d'acidité (même coefficient pH).

Sous un pH donné on peut caractériser le rapport des concentrations $\frac{[ox]}{[red]}$ d'un mélange *red-ox* soit par le potentiel d'oxydo-réduction E, soit par le coefficient rH.

Autre mode de définition du coefficient rH. — Lorsqu'un corps est réduit, on peut raisonner sur la concentration du réducteur qui est intervenu comme si la réduction était due à une certaine pression d'hydrogène naissant.

$$ox + nH^2 \rightleftarrows red + 2\,nH^+$$

Si la pression d'hydrogène vient à augmenter, l'équilibre est déplacé dans le sens qui correspond à un accroissement de concentration de la forme réduite, si au contraire, elle diminue, le déplacement de l'équilibre se fait dans le sens de l'oxydation.

Appliquant la loi d'action des masses à la relation précédente on aura

$$\frac{[red]}{[ox]}\frac{[H^+]^{2n}}{[H^2]^n} = \text{constante}$$

au lieu de faire intervenir la concentration H^2 de l'hydrogène, on peut introduire dans cette relation la pression P du gaz ce qui revients simplement à modifier la valeur de la constante. On aura ainsi :

$$\frac{[red]}{[ox]}\frac{[H^+]^{2n}}{[P]^n} = K$$

qu'on peut écrire en prenant le logarithme des deux membres

$$(16) \quad \log_{10}\frac{[red]}{[ox]} + 2n \log_{10} H^+ - n \log_{10} P = C$$

on a

$$-\log_{10} H^+ = pH \quad \text{posons de même} \quad -\log_{10} P = rH$$

rH désigne l'exposant changé de signe de la puissance de 10 représentant la pression (évaluée en atmosphères) du gaz hydrogène qui permettrait de réaliser l'équilibre entre la forme oxydée et la forme réduite si cet équilibre était obtenu par de l'hydrogène naissant. La formule (16) s'écrit alors

$$(17) \quad \log_{10}\frac{[red]}{[ox]} - 2n\, pH + n\, rH = C$$

Cette formule est identique à la formule (14) et l'identification des deux relations permettrait d'exprimer E_0 en fonction de C ou inversement. La constante C dépend évidemment de la température. Si l'on se place à la 1/2 réduction pour laquelle $[ox] = [red]$ l'équation (17) fournit

$$-2n\, pH + n\, rH = C$$

relation qui à 18° est identique à la relation (15) à condition de poser $C = \frac{nE_0}{0{,}029}$. Le coefficient rH lors de la demi réduction dépend à la fois de $\frac{C}{n}$ c'est-à-dire de la nature de ce mélange et du coefficient pH de la solution où il se trouve. Pour un pH déterminé il ne dépend plus que de la nature du mélange *red-ox*.

Détermination colorimétrique du coefficient rH. — On peut déterminer le coefficient rH d'une solution en utilisant un indicateur d'oxydo-réduction constitué par une matière colorante dont la forme oxydée n'a pas la même couleur que la forme réduite. Un tel indicateur présente un demi virage au moment où la concentration de la forme oxydée est égale à la concentration de la forme réduite. Ce demi virage correspond à une valeur de rH qui, pour un pH déterminé, varie avec la nature de l'indicateur. De même qu'on a établi des séries d'indicateurs de pH, on a dressé des listes d'indicateurs de rH dont on connaît le point de demi virage pour les diverses valeurs de pH. Si dans des tubes à essais contenant le même volume d'une solution dont on veut préciser les propriétés d'oxydo-réduction, on introduit quelques gouttes de solution de ces divers indicateurs, et que par tâtonnements, on détermine celui de ces tubes pour lequel l'indicateur qu'il contient se trouve au demi virage, cette détermination fera connaître le coefficient rH de la solution à condition d'en avoir préalablement mesuré le pH.

La mesure colorimétrique du coefficient rH nécessite les mêmes précautions et soulève les mêmes difficultés que la détermination colorimétrique du coefficient pH.

La liste suivante fournit quelques indicateurs susceptibles d'être utilisés pour la mesure de rH dans l'ordre des réductibilités décroissantes avec leurs zones de virage correspondantes :

Indicateur	*zone de virage rH*
o-chlorophénol indophénol . . .	20–24
2-5 dibromophénol indophénol . . .	19–23
o-crésol indophénol . . .	18,5–22,5
o-crésol 2-6 dichloro indophénol . . .	18–22
1 naphtol 2 acide indophénol sulfonique. . .	16,5–20
Violet de Lauth . . .	14–17,5
Bleu de méthylène. . .	12–16
Tétrasulfonate d'indigo. . .	9–13
Trisulfonate d'indigo. . .	8–12
Disulfonate d'indigo . . .	7–11
Monosulfate d'indigo. . .	6–9

Constitution d'une pile dont la force électromotrice fournit directement le coefficient rH. — La définition du coefficient rH repose sur l'introduction d'une pression fictive d'hydrogène naissant en sorte que la signification physique du coefficient ainsi introduit n'apparaît pas clairement. Une publication relativement récente de F. Vlés et Mlle M. Gex (1) apporte à cet égard une précision intéressante. Ces auteurs ont montré qu'il est possible, au moyen d'électrodes métalliques plongées dans une solution électrolytique où s'établit un équilibre d'oxydo-réduction, de construire une pile dont la force électro-motrice donne directement le rH. Une telle pile a été constituée au moyen d'une électrode d'antimoine et d'une électrode de platine, la lame de platine étant complètement immergée et la tige d'antimoine plongeant seule-

(1) Compte rendu de la Société de physique biologique de France, t. XVII, 1943, p. 91.

ment de quelques millimètres. Les liquides étudiés avec cette pile ont été des solutions de colorants indicateurs d'oxydo-réduction dans des mélanges tampons de *p*H connu, amenés à des potentiels divers d'oxydation et de réduction par l'hydrosulfite de sodium, l'hypochlorite de sodium, les ferri et ferro cyanures de potassium. Dans ces conditions, entre *p*H 1 et *p*H 9, le potentiel de la pile *Pt*/*Sb* a varié entre — 250 et + 900 mV environ, le signe étant celui de l'électrode de platine.

Vlès et Gex ont aussi constaté que le coefficient *r*H de telles solutions calculé à la manière habituelle d'après la valeur du potentiel d'oxydo-réduction, était relié à la force électromotrice E de la pile ainsi réalisée par une formule linéaire :

$$rH = A\,E + E_0$$

Les points représentant *r*H en fonction de E se disposent sur une même droite pour des valeurs du coefficient *r*H comprises entre *r*H = 0 (E = 252 mV à 20°) et *r*H = 41 (E = + 910 mV). Le paramètre A mesurant le coefficient angulaire de la droite a une valeur sensiblement égale au coefficient théorique $\frac{RT}{2F}$.

Conclusion. — Le potentiel d'oxydo-réduction d'une solution et son coefficient *r*H constituent deux paramètres permettant d'en traduire numériquement les propriétés oxydantes ou réductrices. Ces deux paramètres sont liés entre eux par une relation mathématique simple en sorte qu'il est facile de passer de l'un à l'autre et qu'ils sont strictement équivalents.

Cependant le coefficient *r*H a une signification physique simple qui le rapproche du coefficient *p*H : il représente l'exposant changé de signes de la puissance de 10 qui exprimerait en atmosphère la pression d'hydrogène naissant susceptible de produire entre les formes oxydée et réduite en présence dans la solution, le même équilibre qui s'y trouve réalisé. Malheureusement pour des valeurs très grandes du *r*H la pression qui lui correspond perd toute signification physique (1), ce qui rend assez précaire l'interprétation de ce coefficient.

On a essayé de calculer pour quelle valeur de *r*H un milieu peut être considéré comme neutre en ce qui concerne les propriétés d'oxydation et de réduction et suivant les méthodes utilisées on aboutit à des valeurs différentes de ce coefficient. Cela tient peut être simplement à ce qu'il est impossible de définir la neutralité en ce qui concerne les propriétés oxydantes et réductrices, un milieu déterminé se comportant comme oxydant par rapport à certains milieux et comme réducteur par rapport à d'autres. Les conditions qui se présentent ne sont pas du tout comparables à celles qu'on rencontre en étudiant l'acidité des milieux où la neutralité a pu être arbitrairement définie comme celle qui correspond à l'équilibre entre les ions H^+ et OH^- dans l'eau pure.

Quoiqu'il en soit, qu'on adopte pour exprimer le caractère oxydant ou réducteur d'un milieu le potentiel d'oxydo-réduction ou le coefficient *r*H, on peut toujours considérer ces paramètres comme des repères permettant de classer le milieu envisagé parmi une série de mélanges de formes oxydée et réduite s'échelonnant depuis des mélanges fortement réducteurs jusqu'à d'autres fortement oxydants.

(1) On sait que sous la pression normale 1 cm3 de gaz renferme $2,7 \cdot 10^{19}$ molécules. Pour un coefficient *r*H égal par exemple à 25, la pression serait 10^{-25} atmosphère et 1 cm3 de gaz ne renfermerait plus que $\frac{2,7 \times 10^{19}}{10^{25}} = 2,7 \cdot 10^{-6}$ molécules. Autrement dit 10^6 cm3, c'est-à-dire un mètre cube de gaz ne renfermerait plus qu'environ 3 molécules d'hydrogène, ce qui paraît invraisemblable quand on songe que dans les vides les plus poussés que nous sachions produire, 1 cm3 de gaz renferme encore 3 milliards de molécules.

A. Boutaric,
Professeur à la Faculté des Sciences, de Dijon.

LES OSCILLATIONS DE RELAXATION ET LE PROBLÈME DE LEUR DÉFINITION ANALYTIQUE

INTRODUCTION

Définition galiléenne et définition cartésienne

Lorsque le physicien étudie un phénomène naturel, par exemple la chute des corps pesants (ou chute des *graves* dans la langue du XVIIe siècle), il ne se contente pas d'une description qualitative mais il s'efforce d'en déterminer les lois quantitatives et de les exprimer par des équations reliant des grandeurs susceptibles de mesures effectives, telles que : durée, distance parcourue, vitesse, etc.

Dans la recherche de ces lois, le physicien peut user de deux méthodes, dont l'une a été employée par Galilée et l'autre suivie par Descartes.

Nous trouvons la première décrite dans le pas-

ıge suivant des *Discorsi*, dont nous empruntons ı traduction à E. Jouguet ([4], I, p. 95) (1). Le peronnage qui parle est Salviati, il expose les idées de ǵalilée. Galilée est également désigné par l'expresion « notre auteur », car il est l'auteur d'un livre ue sont censés lire ensemble Salviati et ses deux mis.

Il ne me paraît pas opportun de rechercher, pour e moment, quelle est la cause de l'accélération du nouvement naturel. Sur ce sujet, des opinions diverses ont été émises par divers philosophes ; les ıns l'ont attribuée au rapprochement du centre, les autres au fait qu'il reste, à mesure que le corps ıvance, une épaisseur de moins en moins grande du nilieu à traverser, d'autres à une certaine impulsion du milieu ambiant qui, en se reconstituant derrière le mobile, le pousse et le fait avancer contiıuellement. Ces suppositions et d'autres encore auraient besoin d'être examinées et il serait peu profitable de le faire. Pour le moment, il suffit à notre ıuteur que nous entendions qu'il veut rechercher et démontrer quelques propriétés d'un mouvement ıccéléré (quelle que soit la cause de son accélération) lans lequel les valeurs de la vitesse croissent depuis e départ du repos dans la proportion très simple où croît le temps, c'est-à-dire dans lequel des temps égaux apportent des accroissements égaux de vitesse. Et s'il arrive que les circonstances qui seront démontrées se rencontrent dans la descente et l'accélération naturelle des graves, nous pourrons ıffirmer que la définition choisie s'applique au mouvement des graves et que leur vitesse croît comme le emps et la durée du mouvement.

En langage moderne, ces lignes signifient que Galilée se désintéresse de la *dynamique* et se cantonne dans la *cinématique* de la chute des graves. On peut regretter l'absence de curiosité philosophique dont témoigne ce texte, mais on doit reconnaître que ce défaut est amplement compensé par 'admirable précision avec laquelle Galilée décrit a méthode qu'il entend suivre. Cette méthode omporte trois opérations successives : 1° la formulation d'une hypothèse sur la forme mathématique susceptible de relier les grandeurs expérimentales, cette forme constituant la *définition 'un certain type de mouvement* ; 2° la déduction, partir de cette définition, d'un certain nombre e *propriétés* dudit mouvement ; 3° la vérification, ar des expériences, de l'appartenance de ces propriétés au phénomène étudié, d'où suit *l'existence aturelle du mouvement défini*.

Tout autre est la méthode suivie par Descartes. e dont Galilée déclare se désintéresser, *la cause e l'accélération naturelle*, est ce qui a retenu attention du philosophe au cours de ses conversations avec le hollandais Beeckmann, lors de son remier séjour aux Pays-Bas entre 1617 et 1619.

(1) Les chiffres placés entre crochets renvoient à la biblioraphie donnée à la fin de l'article. Cette bibliogrphie ne vise as à être complète et ne contient que les écrits auxqnels il t fait directement allusion dans le texe de l'article.

Voici comment, une dizaine d'années plus tard, Descartes exposait dans une lettre à Mersenne sa déduction de la loi de chute des graves.

Premièrement, je suppose que le mouvement qui est une fois imprimé en quelque corps, y demeure perpétuellement, s'il n'en est ôté par quelque autre cause, c'est-à-dire que ce qui a commencé à se mouvoir dans le vide se meut indéfiniment avec la même vitesse. Supposons donc qu'un poids placé en A soit poussé par sa gravité vers C. Je dis que, si sa gravité l'abandonnait aussitôt qu'il a commencé de se mouvoir, il n'en conserverait pas moins le même mouvement jusqu'à ce qu'il parvienne en C ; mais alors il ne descendrait ni plus lentement, ni plus vite de A en B que de B en C. Mais il n'en est pas ainsi ; ce corps est soumis à sa gravité qui le pousse vers le bas et qui, à chaque instant, lui donne de nouvelles forces pour descendre ; de là suit qu'il parcourt l'espace CB beaucoup plus vite que AB, parce que, en le parcourant, il conserve tout l'*impetus* avec lequel il se mouvait suivant AB et qu'à celui-ci s'en ajoute un autre provenant de la gravité qui le presse de nouveau à chaque instant. (Texte cité et traduit par E. Jouguet [4], pp. 81, 82).

Ce texte que précise une autre lettre à Mersenne, nous montre Descartes décomposant par la pensée la durée de chute des graves en instants successifs (nous dirions aujourd'hui : en durées infinitésimales). A chacun de ces instants la gravité, supposée constante, du mobile lui communique un égal degré (infinitésimal lui aussi) de vitesse. En vertu du principe de l'inertie posé dès le début du raisonnement, tous ces degrés de vitesse s'ajoutent les uns aux autres et constituent les accroissements successifs d'une grandeur qui augmente en proportion arithmétique (1).

Ainsi la loi admise par Descartes, est la conclusion d'un raisonnement au lieu d'être posée comme hypothèse. Le philosophe admet cependant, lui aussi, des hypothèses : l'existence de l'inertie et la constance de l'action de la gravité. Galilée et Descartes partent d'une *définition*, définition que nous pouvons qualifier d'*analytique* pour rappeler qu'elle est, chez l'un et chez l'autre, le fruit d'une analyse. Mais l'analyse de Galilée porte sur un *rythme* qu'elle décompose en espace et temps, tandis que l'analyse cartésienne porte sur une *force* qu'elle décompose en inertie et impulsion. Nous sommes donc fondés à appeler la définition galiléenne *définition cinématique* et la définition cartésienne *définition dynamique*. L'usage de ces termes au cours de cet article constituera une référence implicite aux considérations historiques et critiques qui précèdent.

(1) La décomposition effectuée par Descartes portant sur la durée, le philosophe aurait dû conclure, comme le fit Beckmann dans son Journal. que la vitesse augmente proportionnellement au *temps écoulés*. Mais, par une singulière confusion, Descartes a conclu à une loi de proportionnalité à *l'espace parcouru*. Il a été sans doute trompé par sa tendance à la géométrisation de la physique. Ce qui nous intéresse d'ailleurs ici c'est le point de départ de son analyse.

Le problème que nous voulons maintenant aborder est le suivant. Depuis une vingtaine d'années les physiciens se sont intéressés à une catégorie de phénomènes observés soit dans la nature, soit dans le laboratoire et auxquels le physicien néerlandais Van der Pol a donné le nom d'*oscillations de relaxation.* En plus de leur définition nominale, que nous citerons ci-dessous, Van der Pol a cherché à en déterminer la *définition analytique.* Il y est parvenu en analysant, comme le fit Descartes pour la chute des graves, le mécanisme générateur de ces oscillations. Il en a donc fourni une *définition dynamique.*

D'autre part, nous avons été amené nous-mêmes à reconsidérer le même problème en nous inspirant de la méthode galiléenne et nous avons tenté de donner une *définition cinématique* des oscillations de relaxation.

Le but du présent travail est d'exposer et de comparer ces deux définitions analytiques. Nous donnerons, au préalable, la définition nominale.

I. — Historique et description des oscillations de relaxation. Définition nominale

Trois événements remarquables dominent le développement de la théorie des phénomènes oscillatoires, du début du XVIIe à la fin du XIXe siècle et expliquent la place privilégiée qu'y occupe la loi simple du *mouvement harmonique.*

$$x = a \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

x désigne l'élongation ;
m » la masse mobile ;
K » le coefficient de proportionnalité de la force à l'élongation.

Le premier de ces événements est la découverte par Galilée, en 1583, de l'isochronisme des oscillations pendulaires, suivie de l'application, réalisée par Huygens en 1657, du pendule aux horloges. La diffusion rapide et presque universelle des horloges à pendule a fait du spectacle des allers et retours sans fin du balancier et de l'audition du tic-tac monotone de l'échappement des perceptions familières, qui ont associé dans la plupart des esprits la notion du temps à celle de mouvement périodique et celle-ci au rythme sinusoïdal. Elle a suscité chez les physiciens une floraison de travaux ayant pour objet, soit des perfectionnements apportés aux divers modèles concrets de pendules, soit des corrections aux observations faites sur eux, en vue de les ramener au *pendule simple.* Ce souci témoigne du privilège reconnu implicitement au *mouvement harmonique.*

Le second événement est l'étude faite par Fourier, au début du XIXe siècle, des propriétés des séries trigonométriques procédant suivant des sinus et des cosinus d'arcs multiples les uns des autres. En démontrant l'équivalence d'un mouvement périodique de loi quelconque et d'une somme de mouvements harmoniques univoquement déterminés, dont les fréquences vont en croissant comme la suite des nombres entiers, Fourier apportait une justification théorique du privilège de l'oscillation harmonique. Elle est la seule qui possède une *fréquence pure.* Tout autre mouvement périodique est caractérisé par un *spectre de fréquences* ou, plus exactement, par un *spectre d'amplitudes relatives aux fréquences multiples d'une fréquence fondamentale.*

Le troisième événement qui acheva de consolider le privilège de l'oscillation harmonique fut la théorie émise par Helmholtz en 1859 pour expliquer le *timbre des sons* Déjà, en 1843, Ohm avait affirmé que l'oreille humaine ne perçoit comme sons simples que les oscillations harmoniques de l'air et décompose toute autre vibration périodique en oscillations harmoniques perçues distinctement quoique simultanément. Le mérite d'Helmholtz fut de montrer que, indépendamment du phénomène subjectif de l'audition, une vibration périodique non harmonique se propageant dans l'atmosphère jouit de la propriété de mettre en vibration l'air contenu dans les cavités de résonateurs acoustiques peu amortis, dont les fréquences propres sont multiples de la sienne. En adaptant aux résonateurs sphériques d'Helmholtz des capsules manométriques permettant d'utiliser, comme détecteurs de sons, des flammes vibrantes, Kœnig réalisa un remarquable analyseur de sons, dont la sensibilité n'a été dépassée que de nos jours par l'emploi du microphone et des amplificateurs électroniques. Ce sont les expériences de Kœnig qui ont assuré le succès de la théorie d'Helmholtz. Elles permettent d'attribuer aux harmoniques d'un son complexe un caractère objectif et une existence physique, bien que purement virtuelle, alors que les démonstrations de Fourier ne leur conféraient qu'une existence mathématique et les observations d'Ohm un caractère purement subjectif.

Les trois événements que nous venons de rappeler ont concouru à faire de l'oscillateur harmonique le centre de perspective de la théorie des phénomènes périodiques, le modèle auquel se réfèrent, comme les imparfaites réalisations d'un type idéal, tous les oscillateurs concrets. Le rôle joué en mécanique vibratoire classique par le *pendule simple* rappelle celui que joue en thermodynamique le *gaz parfait.*

Or, il y a une vingtaine d'années, un physicien

éerlandais, M. Van der Pol, a opposé à cette con-eption *unitaire* des phénomènes oscillatoires une onception *dualiste*. Selon lui, un grand nombre 'oscillateurs concrets rencontrés dans la nature t le laboratoire peuvent être considérés comme ormant une *multiplicité à une dimension* bornée 'un côté par l'*oscillateur harmonique* et de l'autre ar un *antitype de l'oscillateur harmonique* auquel auteur a donné le nom, que nous expliquerons lus loin, d'*oscillateur de relaxation*.

Chaque oscillateur appartenant à cette multi-licité possède des propriétés intermédiaires entre es propriétés du type et les propriétés opposées e l'antitype et se classifie donc par référence à hacun de ces deux modèles idéaux.

Tandis que ceux qui se situent plus près de 'oscillateur harmonique (nous les appellerons *uasi-sinusoïdaux*) correspondent à une série de 'ourier rapidement convergente, ceux qui se ituent plus près de l'oscillateur de relaxation nous les appellerons oscillateurs de relaxation *nixtes*) correspondent à une série de Fourier len-ement convergente, c'est-à-dire pratiquement inu-ilisable. Cette seule remarque suffirait à justifier a conception de Van der Pol, en décelant le point aible de la conception unitaire.

C'est dans le *Philosophical Magazine* qu'ont paru en langue anglaise, à partir de 1926, les mé-noires originaux de Van der Pol concernant les scillations de relaxation. L'auteur a publié aussi en 1926-1927 des exposés en langue allemande dans e *Zeitschrift für Hochfrequenz Technik*. Enfin, les 0 et 11 mars 1930, M. Van der Pol donnait à Paris, l'Ecole supérieure d'Electricité, deux confé-ences en français, dont le texte a été publié par *'Onde Electrique* [8].

Avant de résumer l'essentiel de ces travaux, nous oudrions présenter au lecteur quelques modèles oncrets d'oscillateurs de relaxation pour en déga-er les propriétés principales et en donner une défi-ition nominale. Nous aborderons ensuite le pro-lème de leur définition analytique.

Considérons (fig. 1) le récipient B contenant un iphon auto-amorceur dont une extrémité débouche l'intérieur près du fond et l'autre extrémité l'extérieur. Ce récipient est en communication ar un tube étroit avec un réservoir d'eau A et se emplit lentement jusqu'à ce que le niveau de 'eau z atteigne la hauteur h du sommet du si-hon. A ce moment, celui-ci s'amorce et B se ide rapidement jusqu'à ce que le siphon se désa-norce par rentrée d'air. De nouveau B se remplit t les mêmes alternatives de remplissage lent et e vidange rapide se reproduisent.

Si nous prenons comme niveau de référence, our compter les hauteurs z, h et H, le plan hori-ontal passant par l'ouverture du siphon intérieure à B, nous voyons que z varie de zéro à h, h consti-tuant l'*amplitude invariable* de l'oscillation.

La *période* est la somme des durées de remplis-sage et de vidange. Le second phénomène est obli-gatoirement plus rapide que le premier ; car, si la vitesse de vidange était égale ou inférieure à la vitesse de remplissage, le niveau z n'oscillerait pas mais se stabiliserait à une valeur intermédiaire entre h et H.

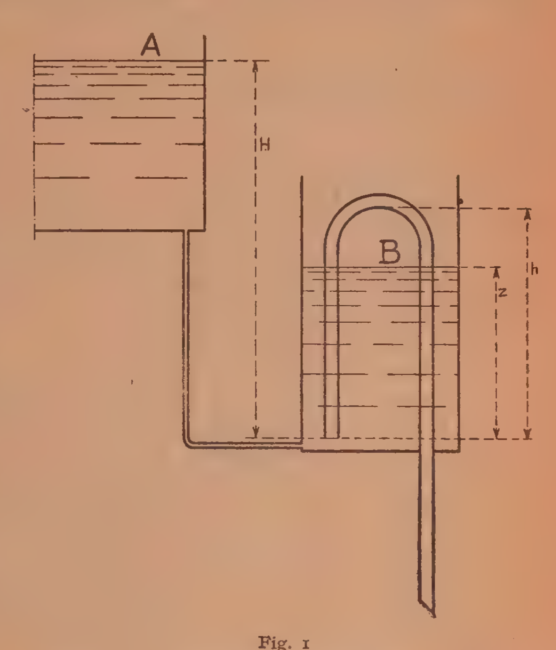


Fig. 1
Oscillateur à écoulement périodique déclenché par siphon auto-amorceur. Le réservoir A a une capacité très supérieure à celle du récipient B.

La courbe donnant z en fonction de t est repré-sentée par la figure 2. La pente de la partie ascen-dante va en diminuant par suite de la diminution de la différence de niveau H-z, qui mesure la diffé-rence des pressions aux extrémités du tube étroit.

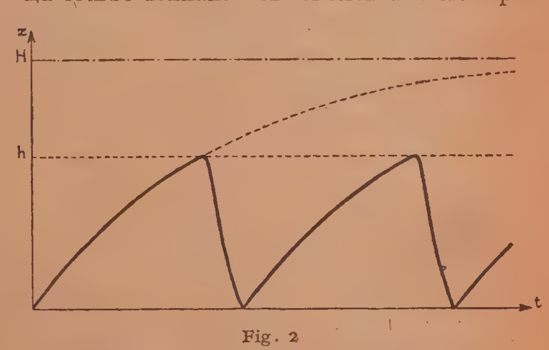


Fig. 2
Variation du niveau de l'eau z dans le récipient B de l'oscillateur à écoulement périodique.

Le mécanisme que nous venons de décrire a reçu des applications dans l'art de l'ingénieur. Il est aussi réalisé dans la nature, où il rend compte

du caractère périodique du débit de certaines sources intermittentes.

L'oscillateur à lampe au néon de la figure 3 en est une exacte réplique dans le domaine de l'électricité. Une batterie d'accumulateurs E, jouant le même rôle que le réservoir A, charge un condensateur C, tenant la place du récipient B, à travers une résistance R qui est l'analogue du tube étroit reliant A et B.

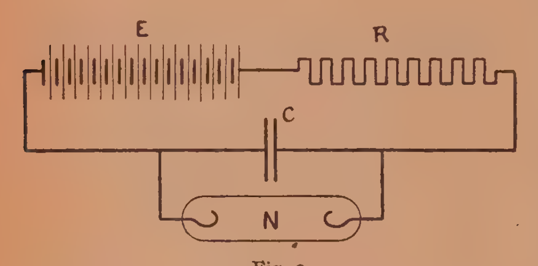


Fig. 3
Oscillateur à condensateur périodiquement déchargé par une lampe au néon.

Une lampe au néon N joue le rôle du siphon auto-amorceur. Elle décharge rapidement le condensateur quand la tension v de celui-ci atteint la tension d'allumage V_a de la lampe. La décharge s'arrête quand la tension v est tombée à la tension d'extinction V_e. La différence V_a-V_e correspond à la hauteur h et constitue l'amplitude invariable de v. Toutes les remarques faites précédemment peuvent être répétées et la courbe donnant v en fonction de t a même forme que la courbe de la figure 2.

Des montages plus complexes utilisant des lampes électroniques peuvent être substitués au montage simple de la figure 3. En particulier, la tension v du condensateur peut prendre des valeurs alternativement positives et négatives. La période se compose alors de deux demi-périodes, comprenant chacune une charge lente et une décharge rapide ou réciproquement (fig. 4). Le plus connu de ces montages est le *multivibrateur* d'Abraham et Bloch.

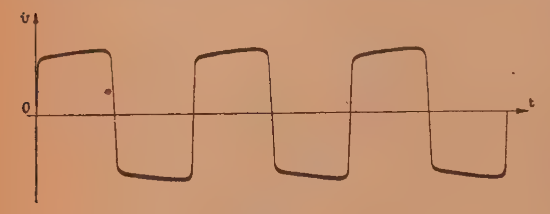


Fig. 4
Variation de la tension d'un condensateur périodiquement chargé et déchargé avec alternance du signe de la charge.

Ces exemples suffisent à illustrer la *définition nominale* suivante que nous empruntons à Van der Pol : « Une oscillation de relaxation a lieu, d'une manière générale, toutes les fois qu'un mécanisme, contenant une source d'énergie continue, permet à un phénomène essentiellement apériodique de se répéter un nombre indéfini de fois. » [8] p. 300.

L'*opposition* qui existe entre les propriétés de l'oscillateur de relaxation et celles de l'oscillateur harmonique apparaît dans les exemples donnés.

Tandis que la *fréquence* de l'oscillateur *harmonique* ne dépend que de grandeurs *intrinsèques* à cet oscillateur (par exemple : inductance et capacité d'un oscillateur électrique), la *fréquence* de l'oscillateur *de relaxation* dépend de grandeurs *extrinsèques* à cet oscillateur. En effet, le niveau de l'eau dans le réservoir A (ou le voltage de la batterie E), duquel dépend, avec la vitesse d'élévation du niveau dans le récipient B (ou de la tension du condensateur C), la fréquence de répétition du phénomène apériodique, dépend lui-même du renouvellement de l'eau contenue en A (ou de la recharge de la batterie E), condition manifestement extrinsèque à l'oscillateur.

Réciproquement, l'*amplitude* de l'oscillateur *de relaxation* ne dépend que de facteurs *intrinsèques* à cet oscillateur (dimensions du siphon, tensions d'allumage et d'extinction de la lampe au néon), tandis que l'*amplitude* de l'oscillateur *harmonique* dépend des conditions initiales de son ébranlement, lesquelles lui sont évidemment *extrinsèques*.

Et comme les facteurs extrinsèques sont exposés à être *perturbés par des actions extérieures*, il faut conclure à la *variabilité de la fréquence* pour l'oscillateur *de relaxation* et à la *variabilité de l'amplitude* pour l'oscillateur *harmonique* et, au contraire, à l'*invariance de la fréquence* pour l'oscillateur *harmonique* et à l'*invariance de l'amplitude* pour l'oscillateur *de relaxation*.

Notons aussi la *dissymétrie de la vitesse de variation* de la variable oscillatoire de part et d'autre des maxima dans l'oscillateur *de relaxation*, et la *symétrie* correspondante dans le cas de l'oscillateur *harmonique*.

II — Définition dynamique des oscillations de relaxation

On sait que l'oscillateur harmonique non amorti est régi par une équation linéaire *du second ordre* entre la variable oscillatoire et le temps. Soient L l'inductance et C la capacité d'un circuit oscillant, v la tension aux bornes du condensateur :

$$L\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{1}{C}v = 0 \qquad (1)$$

La charge apériodique d'un condensateur C à travers une résistance R est régie par une équation *du premier ordre* entre les mêmes variables. Mais il faut ajouter au second membre une certaine fonc-

n du temps E *(t)*, pour rendre compte de l'alternce de charges et de décharges provoquée par ternance des allumages et des extinctions de la npe au néon.

$$R \frac{dv}{dt} + \frac{1}{C} v = E(t)$$

Ainsi s'explique que la période dépende, dans premier cas de $\sqrt{LC}$, et dans le second cas de ...

Ce dernier produit, proportionnel au temps de arge ou de décharge apériodique d'un consateur, est désigné en anglais par les termes : *axation time*. C'est là l'origine de la dénominan d'*oscillation de relaxation*, adoptée par M. Van Pol pour le phénomène régi par l'équation (2).

Quelques remarques très simples, dues à M. Van Pol, vont nous permettre de rapprocher, jusà les fondre en une seule, les équations (1) et (2). *Il n'y a pas de circuit électrique totalement déurvu de résistance, et il n'y a pas davantage de cirt électrique totalement dépourvu de self-inducn. Le premier membre de* (1) *doit donc être comté par un terme en* R $\frac{dv}{dt}$, *et le premier membre de par un terme en* L $\frac{d^2v}{dt^2}$.

Quant au second membre, nous pouvons adettre qu'il est fonction de *t* par l'intermédiaire $\frac{dv}{dt}$; ce sont, en effet, les variations de tension condensateur qui déclenchent périodiquement llumage et l'extinction de la lampe au néon. équation peut alors s'écrire sans second membre, ais elle devient *non-linéaire*.

Les constantes R, L, C, n'intervenant que par leurs valeurs relatives, il est possible, en substituant à *v* et *t* leurs rapports à des grandeurs de même nature (variables *réduites*), de ramener l'équation à ne posséder qu'un seul paramètre.

C'est ainsi que M. Van der Pol est amené à proposer, *comme équation normale définissant les oscillations de relaxation*, l'équation suivante

$$(3) \quad \frac{d^2v}{dt^2} - \varepsilon (1 - v^2) \frac{dv}{dt} + v = 0 \qquad \varepsilon > 0$$

dans laquelle il suffit de faire varier ε de zéro à l'infini, pour que l'oscillation qu'elle représente passe de la *forme sinusoïdale* au type de *relaxation pure*, en traversant toutes les formes intermédiaires.

On voit que le coefficient du second terme, négatif aux faibles amplitudes, change périodiquement de signe à partir d'une certaine amplitude et tend à prendre une valeur moyenne nulle, il y a alors compensation entre l'énergie cédée et l'énergie empruntée au milieu extérieur et l'amplitude de la variable oscillatoire se stabilise à une *amplitude de régime permanent*, atteinte d'autant plus rapidement que ε est plus élevé.

Le volume des échanges d'énergie croît avec ε et leur dissymétrie s'accroît, en sorte que la forme de l'oscillation s'écarte de la forme sinusoïdale et tend vers un régime à brusques déclenchements. La période augmente proportionnellement à ε, par contre l'amplitude reste sensiblement constante. La figure 5 donne trois solutions relatives à ε = 0,1, ε = 1, ε = 10.

L'équation (3) a également permis à Van der Pol d'étudier deux autres phénomènes caractéris-

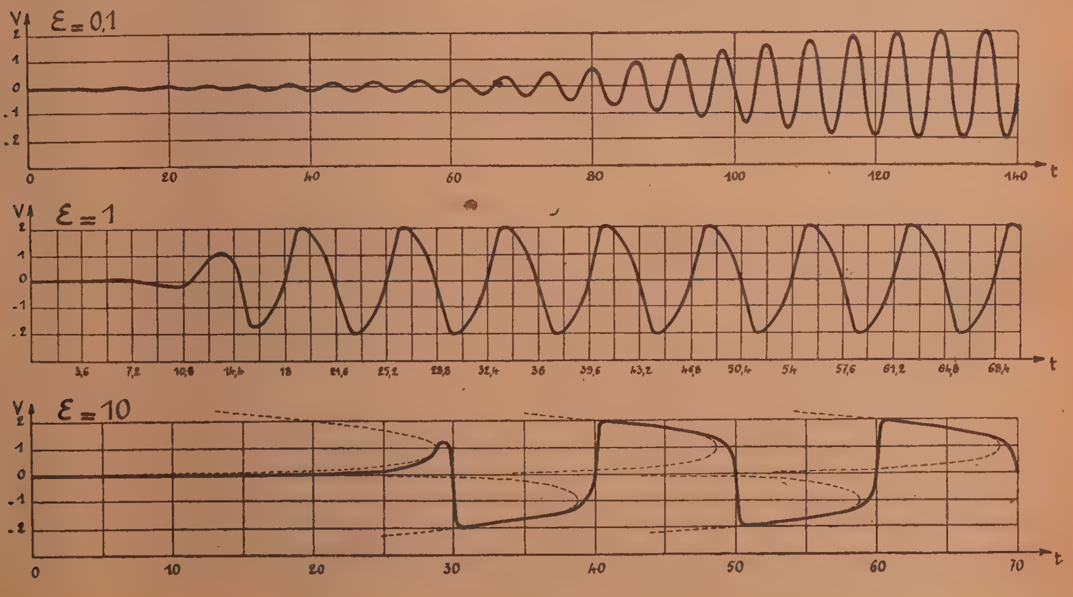


Fig. 5

Intégrales de l'équation (3) pour trois valeurs particulières du paramètre. On remarquera le régime transitoire précédant le régime périodique.

tiques des oscillations de relaxation : la *synchronisation* et la *démultiplication de fréquence.*

Si l'oscillateur est attaqué par une tension sinusoïdale de fréquence un peu différente de la sienne, *il se synchronise sur l'oscillation forcée,* l'oscillation libre disparaissant.

Si la tension sinusoïdale imposée a une fréquence voisine d'un multiple de la sienne, l'oscillateur de relaxation *se synchronise sur la fréquence sous-multiple la plus proche de la sienne,* l'oscillation libre disparaissant.

Ces deux propriétés ont donné lieu à de multiples applications, en particulier dans la technique des mesures de fréquence. Avec plusieurs étages de démultiplication, il est possible d'entraîner, à partir de quartz piézo-électriques à très haute fréquence, des horloges synchrones.

On peut dire en résumé — et c'est ce qu'exprime le mécanisme dynamique extrêmement simplifié de l'équation (3) — qu'une *loi de modération* intervient dans la plupart des systèmes où des oscillations s'amorcent d'elles-mêmes. Cette loi de modération évite les catastrophes que tendent à produire les phénomènes de résonance aiguë.

Malgré l'extrême simplification de l'équation (3), son étude exige des calculs laborieux et la mise en œuvre de méthodes graphiques que M. Van der Pol a utilisées avec une extrême ingéniosité. Grâce à M. Yves Rocard, ces problèmes font maintenant l'objet d'un enseignement magistral en Sorbonne, dont la *Théorie des Oscillateurs* et la *Dynamique générale des vibrations* sont le fruit [6].

La théorie devient beaucoup plus difficile dès que l'on veut généraliser l'équation (3) par la substitution de fonctions plus compliquées au coefficient du second terme. Une remarquable construction graphique, due à M. A. Liénard, permet cependant d'en aborder l'étude [5]. Sur la base de cette construction, des mémoires d'une haute tenue mathématique ont été récemment publiés par M. Jules Haag, directeur de l'Institut de Chronométrie de Besançon [3]. Les oscillations de relaxation sont, en effet, liées de curieuse façon à la technique chronométrique et une étude historique qui mettrait ce lien en évidence serait extrêmement intéressante.

III. — Définition cinématique des oscillations de relaxation

C'est la difficulté même du problème posé par la généralisation de l'équation de Van der Pol qui nous a amené à reconsidérer la méthode suivie par cet auteur et à essayer d'y substituer *une méthode purement cinématique* inspirée par le texte de Galilée cité au début de cet article [2].

Ce n'est pas que nous partagions le désintéressement proclamé par Galilée vis-à-vis de la recherche des causes, mais il nous est apparu que, *d'un point de vue strictement méthodologique,* il y a intérêt à en faire provisoirement abstraction et à essayer de dégager *une forme mathématique simple* susceptible de représenter avec une bonne approximation la loi d'évolution spatiotemporelle caractéristique des oscillations de relaxation. Si cette forme est assez souple, elle pourra s'adapter, moyennant la détermination ultérieure de coefficients arbitraires, à la forme expérimentale des courbes relevées à l'oscillographe.

Une fois en possession de la loi d'évolution spatiotemporelle du phénomène, il est plus facile de former une équation différentielle susceptible d'en représenter le mécanisme causal que de procéder à l'inverse.

Or, la forme mathématique souhaitée se déduit très simplement d'une généralisation du mode de génération cinématique de la fonction sinusoïdale.

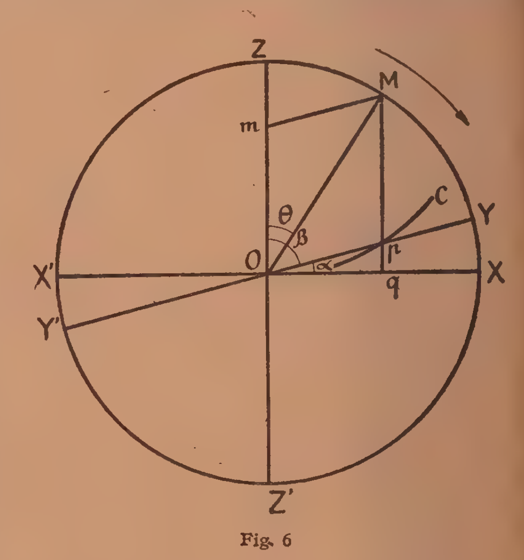


Fig. 6

Considérons (fig. 6) un vecteur unitaire OM décrivant l'angle θ à partir de OZ dans le sens indiqué par la flèche. Au lieu de le projeter *orthogonalement* sur ZZ', c'est-à-dire parallèlement à XX', nous le projetterons parallèlement à l'axe YY' *que nous supposerons osciller autour de* O *de part et d'autre de* XX', l'oscillation de YY' étant synchrone de la rotation du vecteur OM et liée à elle par une loi déterminée.

Cette loi peut recevoir différentes expressions. La plus remarquable est l'équation, dans le système orthogonal (OX, OZ), de la courbe décrite par la projection de M sur YY' (projection opérée parallèlement à ZZ').

Soit $f(x)$ l'ordonnée qp de cette courbe, on voit sur la figure 6 que

$$z = Om = qM - f(x)$$

Or,

$$qM = \cos\theta$$
$$x = \sin\theta$$

d'où

(4) $$z = \cos\theta - f(\sin\theta)$$

Il suffit d'imposer à la courbe définie par la fonction $f(x)$ — courbe que nous appellons la *génératrice* de l'oscillation de relaxation et que nous supposons monodrome — des conditions restrictives convenables et d'adopter pour la vitesse de rotation du vecteur tournant une loi accentuant la déformation de la sinusoïde opérée par l'oscillation de l'axe YY', pour que les variations de z en fonction de t reproduisent les formes caractéristiques des oscillations de relaxation.

Adoptons provisoirement θ comme variable indépendante et supposons construites dans le plan (z, θ) la courbe d'équation (4) ainsi que la courbe $z = \cos\theta$ que nous appellerons *sinusoïde de référence* (fig. 7).

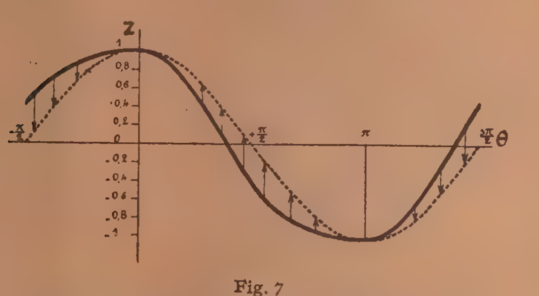


Fig. 7

En trait interrompu : sinusoïde de référence. En trait continu : courbe d'équation $z = \cos\theta - f(\sin\theta)$. Les flèches représentent la variation de $f(\sin\theta)$

Pour que ces deux courbes aient mêmes maxima et minima et présentent une dissymétrie de croissance de part et d'autre de ces maxima et minima, conditions que nous posons comme constituant *la définition cinématique des oscillations de relaxation*, il faut et il suffit que la génératrice : 1° passe par l'origine O ; 2° soit tangente en O à OX ; 3° traverse OZ en O.

Nous supposerons en outre, mais uniquement en vue de simplifier notre étude, que la génératrice admet l'origine comme centre de symétrie, ce qui entraîne dans le plan (z, θ) la symétrie par rapport à l'axe des θ des deux moitiés, positive et négative, de la courbe si on les déphase d'une demi-période (cf. fig 7).

Enfin, si nous voulons que les maxima et minima *relatifs* atteints pour $\theta = K\pi$ soient aussi des maxima et minima *absolus*, la génératrice devra rester comprise entre deux demi-cercles tracés de Z et Z' comme centres avec l'unité comme rayon et tangents en o (cf. fig. 8).

Ces conditions peuvent être satisfaites en faisant alternativement deux hypothèses sur $f(x)$.

A. Si on suppose cette fonction univoque et *continue ainsi que ses dérivées*, la triple condition énoncée ci-dessus entraîne que f, f' et f'' s'annulent chaque fois que $\sin\theta$ s'annule. L'origine est

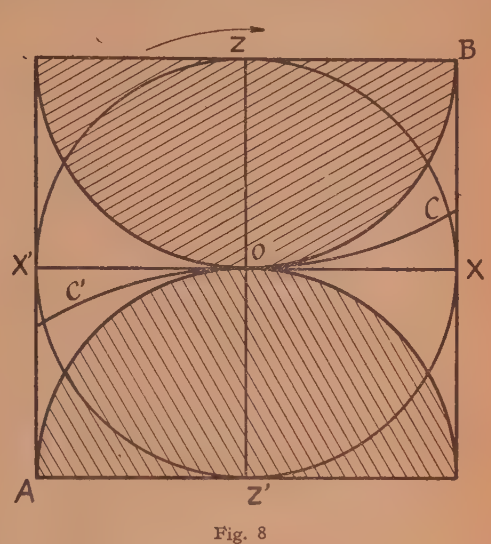


Fig. 8

La courbe CC' est un exemple de génératrice satisfaisant aux conditions indiquées dans le texte. Les deux demi-cercles hachurés représentent la zone interdite à la génératrice.

alors pour la génératrice un *véritable point d'inflexion* et l'équation (4) peut s'écrire

(4 *bis*) $$z = \cos\theta - (a\sin^3\theta + b\sin^5\theta + c\sin^7\theta + \ldots)$$

B. Si on abandonne l'hypothèse de la continuité pour f'', il suffit que f'' change de signe, sans nécessairement s'annuler, lorsque $\sin\theta$ s'annule pour que, f et f' étant supposés nuls, la génératrice traverse l'axe OZ en O, ce point étant alors pour elle un *pseudo-point d'inflexion* caractérisé par une variation discontinue de courbure de la génératrice.

L'équation (4) peut alors s'écrire

(4 *ter*) $$z = \cos\theta - \frac{a\sin^3\theta + b\sin^5\theta + c\sin^7\theta + \ldots}{|\sin\theta|}$$

en remarquant que le rapport $\frac{\sin\theta}{|\sin\theta|}$ passe brusquement de la valeur $+1$ à la valeur -1, ou réciproquement, chaque fois que θ passe par un multiple de π. La génératrice est alors formée par le raccordement en O de deux demi-courbes du genre parabolique.

Nous devons maintenant adjoindre à l'équation (4) une relation entre θ et t. Deux raisons rendent nécessaire l'introduction d'une relation *non-linéaire* entre ces deux variables. La première est le caractère de *variabilité de la période* que nous avons signalé dans notre description des oscillations de relaxation. La seconde est, dans l'hypothèse de l'univocité de $f(x)$, la faculté d'obtenir une branche

rapidement tombante de la courbe donnant z en fonction de t.

L'hypothèse la plus simple permettant d'obtenir ce double résultat consiste à donner à la vitesse angulaire $\frac{d\theta}{dt}$ la valeur que possède le *rapport de la pente de l'oscillation de relaxation à la pente de la sinusoïde de référence*, dans le système de référence (O, z, θ) de la figure 7.

Nous poserons donc, en désignant par t une variable réduite ayant la dimension d'un angle,

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\frac{dz}{d\theta}}{-\sin\theta}$$

d'où

$$(5) \qquad t = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{-\sin\theta}{\frac{dz}{d\theta}}\, d\theta$$

Supposons nuls par exemple tous les coefficients, sauf le premier, du développement (4 *bis*) ; nous obtiendrons le système suivant :

$$(6) \quad z = \cos\theta - a\sin^3\theta, \quad t = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{d\theta}{1 + 3a\sin\theta\cos\theta}$$

La seconde de ces équations s'intègre sans difficulté et z est donné en fonction de t par l'équation suivante

$$(7) \quad z = \cos \operatorname{arc\,tg} \left[\alpha \operatorname{tg} \alpha (t - t_0) - \beta\right] \frac{2}{3} - \beta \sin^3 \operatorname{arc\,tg}$$

$$[\alpha - \operatorname{tg} \alpha (t - t_0) - \beta] \qquad \begin{cases} \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{4}a^2} \\ \beta = \frac{3}{2}a \end{cases}$$

ou, en introduisant la période T, donnée par l'expression : $T = \frac{2\pi}{\alpha}$,

$$(7\ bis) \quad z = \cos \operatorname{arc\,tg} \left[\alpha \operatorname{tg} 2\pi \frac{t - t_0}{T} - \beta\right]$$

$$- \frac{2}{3}\beta \sin^3 \operatorname{arc\,tg} \left[\alpha \operatorname{tg} 2\pi \frac{t - t_0}{T} - \beta\right]$$

Nous donnons dans la figure 9 trois solutions de l'équation (7 *bis*), correspondant à trois valeurs du coefficient a. La forme des courbes rappelle celles qu'a obtenues Van der Pol. Il suffit de porter en abscisses le rapport $\frac{t}{T}$ pour ramener ces trois courbes à la même périodicité, ce qui facilite leur comparaison. Nous posons arbitrairement $t_0 = 0$.

Nous bornerons là les indications relatives à la méthode proposée en vue de constituer une *définition cinématique des oscillations de relaxation*. Nous espérons la justifier plus pleinement en étendant ces premiers résultats et en les confrontant avec les oscillogrammes obtenus au laboratoire. Mais dès maintenant, il nous paraît possible d'aborder par cette méthode, l'étude descriptive et la classification des principaux types d'oscillateurs à relaxation, indépendamment de leur mécanisme générateur dont l'étude pourra être abordée ensuite plus fructueusement.

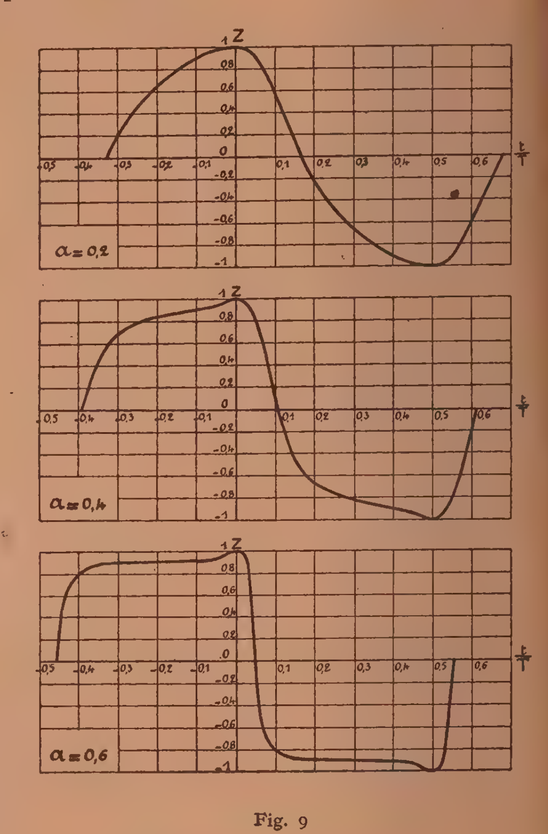


Fig. 9

Résumé et Conclusion

Avant de conclure, résumons les deux définitions que nous venons de donner des oscillations de relaxation.

La première s'exprime par l'équation de Van der Pol

$$(3) \qquad \frac{d^2v}{dt^2} - \varepsilon(1 - v^2)\frac{dv}{dt} + v = 0$$

La seconde s'exprime par le système d'équations paramétriques

$$(4) \qquad z = \cos\theta - f(\sin\theta)$$

$$(5) \qquad t = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{-\sin\theta}{\frac{dz}{d\theta}}\, d\theta$$

L'équation (3) est celle d'un oscillateur comportant, d'une part inertie et élasticité, mais en proportion variable, l'un de ces deux facteurs pouvant à la limite s'annuler ; d'autre part, une résistance tour à tour négative et positive, au cours de chaque période, d'importance également variable et croissante avec ε.

Les équations (4)-(5) résultent d'une double éformation imposée successivement aux ordonées et aux abscisses d'une sinusoïde, déformation ui respecte l'amplitude et altère la période en itroduisant une essentielle dissymétrie par rapport à un axe vertical passant par le maximum ou le iinimum.

La première définition précise le mécanisme énérateur des oscillations auto-entretenues par éclenchement périodique de l'énergie d'une source t montre que ce mécanisme est apte à engendrer, iivant les cas, soit des oscillations quasi-sinuoïdales, soit des oscillations à relaxation plus ou ioins accentuée.

La seconde définition indique un procédé logique 'altération de la loi du mouvement sinusoïdal, apable de rendre compte des modalités effectives e l'altération apportée à la forme d'une sinuoïde par l'intervention de la source d'énergie ssurant l'entretien du mouvement oscillatoire.

Ces deux définitions procèdent des deux tenances d'esprit signalées par Lazare Carnot dans on *Essai sur les machines* (1803) : « Il y a deux ianières d'envisager la Mécanique dans ses prinpes. La première est de la considérer *comme la iéorie des forces*, c'est-à-dire des causes qui imriment les mouvements. La seconde est de la onsidérer *comme la théorie des mouvements euxêmes.* » [4] II p. 72.

Y a-t-il parfaite équivalence entre les deux méiodes et les deux définitions couvrent-elles exacement le même domaine de faits ? Il est facile de iontrer que non.

Il suffit de remplacer dans le coefficient du second erme de l'équation (3) l'expression $(1 - v^2)$ par expression plus complète $\left[1 - v^2 - \left(\frac{dv}{dt}\right)^2\right]$, ou par 'autres expressions analogues, pour que l'oscillaon devienne parfaitement sinusoïdale et que sa équence reste indépendante de ε. Le mécanisme énérateur représenté par l'équation (3) n'est ceendant pas essentiellement changé par cette iodification, l'oscillateur conserve ses propriétés e limitation de l'amplitude, de synchronisation de démultiplication de fréquence. Nous en avons it une étude détaillée dans notre thèse [1].

En conséquence, si un oscillateur non-sinuoïdal est nécessairement un oscillateur non-liéaire, la réciproque n'est pas vraie, il y a des oscillateurs *à la fois non-linéaires et sinusoïdaux* et nous avons signalé leur importance en chronométrie [1]. Introduction.

D'autre part, l'introduction d'une résistance négative n'est pas le seul procédé capable de rendre un oscillateur auto-générateur. M. Yves Rocard a mis en évidence un autre procédé consistant à introduire entre deux oscillateurs un *couplage dissymétrique* qui rapproche jusqu'à les confondre leurs fréquences propres [7].

Ces quelques indications suffisent à montrer que la dynamique des oscillateurs est un très vaste domaine. Il apparaît donc souhaitable — et ce sera là notre conclusion — d'en détacher la cinématique, qui pourrait constituer le chapitre liminaire d'une *théorie générale des oscillateurs.* C'est le point de départ de cette cinématique que nous avons cherché à préciser dans les pages qui précèdent et nous espérons en étendre suffisamment la base pour qu'elle puisse servir de seuil aux très belles constructions dues aux auteurs dont nous avons cité les travaux et auxquels nous tenons, en terminant, à rendre pleinement hommage.

JEAN ABELÉ,
Docteur ès-Sciences,
Chargé de recherches C.N.R.S.

LISTE DES AUTEURS CITÉS

[1] J. ABELÉ. — *Thèse*, Paris, 1943 et *Annales de Chronométrie*, 1942, Nos 3-4.
[2] J. ABELÉ. — Définition cinématique des Oscillations de relaxation, *Journal de Physique*, avril 1945, série VIII, t. VI, p. 96.
[3] J. HAAG. — Etude asymptotique des oscillations de relaxation. *Annales scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure*, t. LX, p. 35 et t. LXI, p. 73.
[4] E. JOUGUET. — Lectures de Mécanique, 2 vol. Paris, Gauthier-Villars, 1908-1924.
[5] A. LIÉNARD. — Etude des oscillations entretenues. *Revue Générale de l'Electricité*, 26 mai, 2 juin 1928, t. XXIII, p. 901, p. 946.
[6] Y. ROCARD. — Théorie des Oscillateurs, Paris, Editions de la *Revue Scientifique*, 1941. Dynamique générale des vibrations, Paris, Masson, 1943.
[7] Y. ROCARD. — Dualité des mécanismes d'auto-oscillation dans les oscillateurs dynamiques. *Cahiers de Physique*, septembre 1942, Cahier No 10, p. 19.
[8] B. VAN DER POL. — Oscillations sinusoïdales et de relaxation. *Onde Electrique*, 1930, t. IX, p. 245, p. 293.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences Mathématiques

INCE (E.-L.). — **Ordinary differential equations.** 1 *vol.* 23-14e de VIII-558 *pages, avec figures.* Dover Publications, *New-York,* 1944. (Prix : $ 3.75).

Ce livre se subdivise en deux parties qui traitent successivement des équations différentielles dans le champ réel puis dans le champ complexe. Mais avant d'en dire le bien qu'il mérite, je tiens à marquer dans la Revue l'événement que représente aux yeux de ses collaborateurs la reprise d'une tradition, celle de l'envoi aux revues françaises d'ouvrages étrangers. Un peu d'indécision a régné dans nos publications depuis 1940 ; il a pu arriver récemment encore, qu'un traité d'une spécialité S fût commenté dans nos colonnes par un auteur d'une spécialité S' toute différente. Mais maintenant, et c'est là une garantie élémentaire, il est entendu que les démarcations seront respectées...

Revenons aux équations différentielles, représentées dans l'actualité mathématique française par le second tome du *Cours d'Analyse* de Georges Valiron. Ce que nous avons ici sous les yeux, c'est la première édition américaine d'un ouvrage anglais publié pour la première fois en 1926. Cet ouvrage cependant n'a pas vieilli. Selon la tendance qui se fait chaque jour plus impérieuse, l'auteur a su donner plus de place qu'on ne le faisait avant lui aux théories d'un caractère élémentaire, applicables à des classes très larges d'équations ; puis à la faveur de cette précaution, de situer un grand nombre d'acquisitions des décades antérieures à leur véritable place. On voit ainsi se dessiner un édifice des plus harmonieux et qui répond bien aux exigences modernes de l'enseignement dans une des branches les plus importantes de l'analyse.

D'ailleurs, comme il l'indique lui-même. M. E.-L. Ince n'a pas cherché à être exhaustif. Ses préférences s'orientent visiblement vers les parties de la théorie générale dont l'organisation algorithmique est la mieux achevée. Il en néglige même en cette nouvelle édition, les aspects topologiques introduits dans le cas du premier ordre par l'intégration qualitative, par la discussion sur l'unicité ou la pluralité des intégrales issues d'un point, par le passage du cas des équations à celui des inéquations différentielles, qui conduit à une théorie si achevée dans un récent mémoire de Marchaud (*Composités Mathematica,* t. III, 1936). Ce champ que nous signalons au passage est propice aux subtilités, d'ailleurs fort difficiles à éliminer des parties les plus classiques de la théorie, puisque des pièges, aujourd'hui bien mis en lumière dans l'enseignement français, menacent les abords du théorème fondamental relatif à l'intégrale générale d'une équation linéaire d'ordre quelconque.

Après ces indications, il nous reste à recenser les parties les plus substantielles du traité de E.-L. Ince. Trois chapitres d'introduction s'y remarquent par leur grande facilité d'accès, qui sera très appréciée des ingénieurs et des physiciens, et qui va de pair avec la précision de l'exposé, renfermant vraiment l'essentiel en matière de théorèmes d'existence, dépassant même ce stade dans le cas d'équations non résolues par rapport aux coefficient différentiel. Le chapitre IV synthétise les méthodes, au premier abord un peu diverses, conduisant aux cas élémentaires d'intégration, en les rattachant à la théorie des groupes continus de transformations, reprise à son début.

Les chapitres V à XI, qui terminent l'étude du champ réel, sont consacrés aux multiples aspects de la théorie des équations et des systèmes linéaires ; dès le départ, la notion d'opérateur différentiel linéaire d'ordre n'apparaît au premier plan, avec celle de l'opérateur adjoint, au bénéfice de diverses questions, dont la recherche de solutions communes à deux équations linéaires, facilitée le cas échéant par l'intervention d'opérateurs linéaires permutables. En cas de constance des coefficients, l'attention est attirée sur les conditions d'équivalence de deux systèmes et sur le rôle des systèmes diagonaux. Puis voici, dans le cas général, l'exposé des méthodes de résolution, au moyen des séries (et cela, même aux points singuliers, qu'ils soient réguliers ou irréguliers, au sens adopté dans les considérations conduisant au théorème de Fuchs), des développements asymptotiques, des fractions continues, avec applications aux fonctions de Legendre, de Bessel et à d'autres également usitées ; et dans le même esprit, les solutions obtenues sous forme d'intégrales définies, simples ou doubles, et solidairement l'étude de diverses transformations (Laplace, Euler, Mellin) qui sont appliquées notamment à l'équation hyper-géométrique. Vient ensuite la théorie algébrique, attentive à l'affiliation avec des systèmes linéaires aux différences finies, où l'on détermine sous le nom d'*indice de compatibilité* le nombre

(vraiment essentiel) de constantes s'introduisant dans un problème linéaire algébrico-différentiel : cela en intégrant les récents travaux faits en Amérique, sur les systèmes de Sturm-Lionville en particulier, en donnant les critères permettant de reconnaître les intégrales oscillantes ou non-oscillantes sur les systèmes à coefficents périodiques, sur les applications des fonctions de Green.

Les chapitres XII à XXI forment la seconde partie du traité, dont les matières se répartissent comme suit :

Théorèmes d'existence dans le champ complexe (en ajoutant ici, aux méthodes des approximations successives et de Cauchy-Lipschitz, celle du calcul des limites) ; points singuliers fixes ou mobiles ; problème généralisé de Briot et Bouquet ; équations qui sont du premier ordre mais de degré en y' supérieur au premier ; équations non linéaires d'ordre supérieur, travaux de Painlevé, Gambier, Garnier, Chazy ; équations linéaires dans le champ complexe, classification des points singuliers en points réguliers et points irréguliers ; type de Fuchs, cas d'uniformité des intégrales ; solutions périodiques ; groupe d'une équation linéaire, problème de Riemann ; résolution par des séries, y compris dans le cas de points singuliers irréguliers ; résolution par des intégrales de contour ; systèmes linéaires ; confluence de points singuliers ; équations dérivées d'un petit nombre de singularités élémentaires ; théorèmes d'oscillations dans le champ complexe.

En un mot, l'ouvrage réédité en Amérique a une grosse valeur synthétique. Il serait toutefois désirable qu'un appendice d'une importance pouvant atteindre environ le tiers du texte de 1926 puisse donner, avec la nomenclature indispensable, les principales idées directrices des progrès réalisés depuis lors. G. BOULIGAND.

2° Sciences Physiques et Chimiques

BOLL (Marcel). — **L'atome, source d'énergie.** — 1 *vol. in-8° de* 110 *p. avec* 34 *fig.* Presses Documentaires, *Paris,* 1945. (Prix, broché : 60 fr.).

Nous n'avons pas à présenter au lecteur un auteur dont maints ouvrages attestent les dons de clarté et d'exactitude scientifique.

Le petit livre consacré par lui à l'énergie atomique constitue une mise au point — qu'il s'est, nous dit-il, efforcé de rendre aussi simple et systématique que possible — destinée à permettre aux esprits curieux de comprendre les résultats déjà acquis dans ce domaine merveilleux et de suivre progressivement ce qu'un proche avenir nous réserve.

L'ouvrage, illustré de schémas et de tableaux, se termine sur une bibliographie, elle-même complétée d'une liste des auteurs mis à l'index par M. Boll pour « les erreurs, les confusions et les incompréhensions » qui, selon lui, pullulent dans leurs livres et articles.

Notons enfin, pour être complet, que cet exposé scientifique plein d'intérêt s'accompagne de diverses considérations d'ordre philosophique et politique que nous laissons à chacun le soin d'apprécier. Philippe TONGAS.

3° Sciences Naturelles

RODE (Paul), **DIDIER** (Dr R.). — **Les Mammifères de France.** — (Préface par E. BOURDELLE). 1 *vol.* 219 *pages,* 114 *fig. et* 12 *planches en couleurs par B. Delapchier*). *Paris,* 1946, Boubée éditeur. (Prix : 300 fr.).

Les Mammifères ont leur Revue (*Mammalia*) et leurs spécialistes. Après le « Petit Atlas des Mammifères » paru de 1942 à 1944, voici un ouvrage bien illustré, entièrement consacré aux Mammifères de France.

Le premier chapitre est consacré à la faune disparue, à la faune fossile, infiniment plus riche et plus variée que la faune actuelle. Au cours des temps géologiques, le territoire français a été peuplé par des animaux appartenant à des ordres éteints, à des ordres ou familles survivant dans d'autres régions (des Marsupiaux ou des Primates, des Proboscidiens, etc.).

La faune actuelle est limitée à 90 espèces (y compris les Mammifères marins fréquentant nos côtes), appartenant aux ordres suivants : Insectivores (Taupes, Hérissons, Musaraignes), Chiroptères (Chauves-Souris), Rongeurs (Castors, Rats, Campagnols, Lièvres et Lapins), Carnivores (Ours, Loups, Renards, Putois, Loutres, etc.), Ongulés (Sangliers, Bouquetins et Mouflons, Chamois et Cerfs), Pinnipèdes (Phoques), Cétacés (Baleines et Baleinoptères, Marsouins et Dauphins). Les micromammifères forment une importante population dont l'intérêt économique est considérable. Les Rongeurs en particulier, causent d'énormes dégâts aux cultures, aux récoltes et à tous les produits de l'industrie humaine.

Le texte, très clair, résume les caractères morphologiques et biologiques, précise les dimensions et les poids moyens des animaux, leur distribution géographique. L'illustration, abondante, ajoute à la facilité des déterminations.

Les auteurs, deux spécialistes éminents, ont ainsi mis à la disposition du grand public et des étudiants, un guide très documenté, dont la lecture répandra certainement le goût de l'étude des Mammifères de France. R. FURON.

STAIG (Robert-A.). — **The fabrician types of insects** in the Hunterian Collection at Glasgow University, Part II. Cambridge University Press, *London*, 1940. X-164 pages, 31 *pl. hors-texte*. (Prix : 27. s. 6 d. net.).

Les familles étudiées dans ce volume sont les Endomychidae, Cantharidae, Cleridae, Tenebrionidae et Pyrochroidae. Trente et une planches en couleurs hors-texte illustrent ce catalogue descriptif des types d'Insectes de la Hunterian Collection de l'Université de Glasgow.

L'on sait que l'intérêt majeur de cette collection réside dans la présence de spécimens qui sont les types d'Insectes, espèces créées par J.-C. Fabricius, A.-G. Olivier, Dru Drury, etc... Les Coléoptères décrits dans ce volume le sont sous leurs noms modernes et dans l'ordre de classement adopté par Junk et Schenkling dans leur *Coleopterorum Catalogue*.

R. SALGUES.

URBAIN (Ach.), **RODE** (Paul). — **Les Singes anthropoïdes.** — 1 *vol.* (Collection « Que Sais-je ? »), 128 *pages*, 20 *figures*, *Paris*, 1946, Presses Universitaires.

Les Singes anthropoïdes sont les plus proches de l'Homme par leurs caractères morphologiques, anatomiques, physiologiques et psychologiques. Au sens large du terme, ils comprennent deux types asiatiques : le Gibbon et l'Orang-Outan ; et deux types africains : le Chimpanzé et le Gorille.

Ce petit volume constitue une excellente mise au point de nos connaissances actuelles sur un sujet qui connaîtra encore bien des découvertes. Malgré leurs caractéristiques, les Singes anthropoïdes ne sont peut-être pas tous connus. Ce n'est qu'en 1928 que furent décrits les Chimpanzés pygmées du Congo belge, dont le premier spécimen vivant fut amené en France en 1939.

Il n'est pas jusqu'aux forêts de l'Amazone qui ne livrent périodiquement quelques renseignements incontrôlables, permettant d'affirmer pendant quelques mois l'existence d'Anthropoïdes en Amérique.

Après une introduction paléontologique et zoologique, les auteurs consacrent un important chapitre à l'Anatomie comparée et à la Physiologie, démontrant que le Chimpanzé est manifestement le plus proche de l'espèce humaine.

Viennent ensuite des études sur la biologie des Anthropoïdes, sur leur manière d'être en captivité, sur leur nourriture et leurs maladies, enfin sur leurs manifestations d'intelligence et leur psychologie.

R. FURON.

4° Art de l'Ingénieur

BARBEROT (E.). — **Traité de constructions civiles.** — 7e édition, revue et augmentée par L. GRIVEAUD. 1 *vol. in-8° de* XX-1332 *p. avec* 1.910 *fig.*, *Paris et Liège*, Ch. Béranger, 1945.

La parution d'une nouvelle édition, revue et augmentée, de cet excellent ouvrage classique en la matière, sera accueillie avec le plus vif intérêt par tous ceux qui, à titre professionnel ou personnel, ont à s'occuper de constructions civiles.

Il constitue une véritable encyclopédie en dix-neuf chapitres, présentée avec méthode et abondamment illustrée.

Nous nous bornerons, en vue d'une prochaine édition, à formuler une suggestion concernant le chapitre qui traite du chauffage et de la ventilation. Il nous paraîtrait souhaitable que les données intéressantes, mais encore un peu sommaires, fournies sur le chauffage par *panneaux chauffants* et sur la *conditionnement de l'air*, y fussent développées.

Il conviendrait d'autre part, à notre avis, d'y faire place à un exposé sur les applications de la *pompe à chaleur* qui a déjà fait l'objet de réalisations remarquables, en Suisse notamment, et qui paraît appelée à un grand avenir pour le chauffage ou le rafraîchissement des immeubles ou groupes d'immeubles suffisamment importants.

Philippe TONGAS.

Travaux et mémoires du Bureau International des Poids et Mesures. — *Tome XX*, 1 *fort volume grand in-4°*, *Paris*, *Gauthier-Villars*, 1944.

Le tome vingtième de cette savante publication, impeccablement présentée par son éditeur contient les études énumérées ci-après avec les noms de leurs auteurs :

L'échelle des thermomètres à gaz, par MM. W.-H. Keesom et W. Tuyn (69 pages).

Comparaison internationale des échelles de température entre 660° *et* 1.063°, par MM. W.-F. Roeser, F.-H. Schofield et H.-A. Moser (10 pages). *Etude des étalons en quartz, témoins de l'unité métrique internationale. Valeurs. Dilatibilités. Indices*, par M. A. Perard (176 pages).

Comparaisons de thermomètres étalons. Thermomètres en verre dur. Thermomètres à réservoir en verre d'Iéna 16 III et tige en verre vert, par M. A. Bonhoure (13 pages).

Introduction au calcul des inductances, par M. M. Romanowski (110 pages).

Première vérification périodique des mètres prototypes nationaux et détermination de quelques

nouveaux prototypes, par MM. A. Perard, L. Maudet et Ch. Volet (86 pages).

La diversité des sujets traités et l'importance des mémoires correspondants nous en interdisent ici toute véritable analyse. Notons du moins, à cette occasion, encore qu'elles ne soient pas des plus neuves, les réflexions que ne manque pas d'inspirer la vue des résultats dûs à la coopération intellectuelle entre nations dans les œuvres scientifiques de paix. Est-il interdit d'espérer qu'une telle collaboration féconde s'étende, un jour, à toutes les activités humaines ?

Philippe TONGAS.

5° Divers

FLORKIN (M.). — **Léon Fredericq et les débuts de la Physiologie en Belgique.** — 1 *vol. in-16 de 104 pages. Office de Publicité, Bruxelles*, 1943.

Excellent petit volume de l'excellente « Collection Nationale » belge. Son titre exprime fort bien l'esprit dans lequel il a été conçu et réalisé. On se plaît à y voir, selon la propre expression de l'auteur, à la fin de son Avant-Propos, un « hommage d'admiration à ceux qui ont mis la Belgique au premier rang des nations dans le domaine de la physiologie, et au plus grand d'entre eux Léon Fredericq ».

Ce petit ouvrage, bourré de faits tous intéressants de façons très diverses, fait comprendre et la portée générale de la Physiologie et la haute valeur de cette expression qu'André Mayer applique à Léon Fredericq : « un savant qui fut un biologiste complet ».

Jean DELPHY.

ROUSSEAU (Pierre). — **Histoire de la science.** — 1 *vol. de 823 pages de la collection* « Les grandes études historiques », *Fayard, Paris*, 1945. Prix, broché : 148 fr.

L'ouvrage de M. Rousseau peut, par analogie, être considéré comme s'apparentant à un genre dont la littérature d'aujourd'hui nous offre plus d'un exemple. C'est, en effet, pour ainsi dire, le *roman-fleuve* de la science.

La qualité de *fleuve*, il la tient assurément de ses 823 pages d'un texte compact, divisé en 14 longs chapitres ; et, pour considérable déjà que soit le travail auquel s'est ainsi livré M. Rousseau, on est cependant tenté de croire que c'est peu encore, quand l'ampleur du sujet, si l'on poursuit l'image, participe de l'immensité des océans.

Quant à celle de *roman* (qui n'implique dans notre esprit, est-il besoin de le dire, aucune réserve sur la solidité de la documentation de l'auteur), quelle fiction pourrait égaler en intérêt la merveilleuse histoire qui, de la « sorcellerie, mère de la science », aboutit à la théorie de la relativité et à la physique atomique ?

L'histoire de la science n'est, ni celle des sciences, ni celle des savants. Indépendamment de ses résultats techniques, la science apparaît à M. Rousseau comme un phénomène social, au même titre que l'art ou la littérature ; selon une vue qui nous semble des plus justes, chaque étape de la science est liée, pour lui, à un stade donné de la civilisation, fait partie de celle-ci et évolue avec elle. Tel est le principe sur lequel sont fondés le plan et les grandes divisions du livre, écrit en marge de l'histoire générale, de l'histoire tout court.

On lira avec un intérêt soutenu ce gros ouvrage d'un style aisé, qui témoigne d'une grande érudition scientifique et philosophique, et dont le texte est illustré par mainte anecdote vivante.

Certains titres de la collection bien connue où il prend place, sont dans toutes les mémoires et ont atteint de considérables tirages. Il n'est pas indigne, à notre avis, d'une semblable carrière.

Philippe TONGAS.

ROUSSEAU (Pierre). — **La conquête de la science.** — 1 *vol. de 147 pages avec 143 figures et photographies, Fayard*, Paris, 1945. Prix, broché : 200 fr.

Quelques mois après l'ouvrage dont il vient d'être rendu compte, M. Rousseau a publié un nouveau livre qui, si l'on en excepte un chapitre d'introduction, intitulé « Les cinq étapes de la pensée », est tout entier consacré à la science d'aujourd'hui et même à celle de demain.

C'est, à côté du précédent, le *roman d'aventures*, voire le *roman d'anticipation*, de la science.

L'auteur s'adresse apparemment, ici, à un public plus étendu que dans le premier ouvrage. Aussi son ton se fait-il plus familier, plus direct, et use-t-il volontiers d'images empruntées à la vie courante, selon la méthode usuelle en matière de vulgarisation, qui contribue à donner au lecteur l'impression rassurante et flatteuse qu'il a vraiment compris.

Ce second livre de M. Rousseau est, comme le précédent, sérieusement documenté. Abondamment illustré et bien présenté, il se lit avec facilité. Il peut contribuer efficacement, croyons-nous, à donner le goût de la science moderne, bien propre à faire rêver les imaginations.

On doit savoir particulièrement gré à l'auteur d'avoir, dès le début, fortement souligné la notion, trop souvent méconnue par le lecteur *moyen* pour lequel il écrit, qu'exprimait déjà à sa manière le vieux Bacon en remarquant que les « bornes » de la science reculent à mesure que s'étendent les connaissances humaines.

Philippe TONGAS.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Séance du 2 octobre 1944

H. Deslandres : *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Hydrocarbures cycliques. Isotopes, complexes et combinaisons métalliques. Chlorophylle.* — **G. Bertrand** et **D. Bertrand** : *Présence générale du rubidium chez les plantes* : La mise au point d'une méthode d'analyse précise permet de mettre en évidence et de doser le rubidium dans les espèces végétales, la proportion de ce métal variant chez les Pharénogames entre 2 mg. 1 et 81 mg. et chez les Cryptogames entre 2 mg. 8 et 354 mg. par kilog. sec. — Mlle **A. Delay**, **C. Duval** et **J. Lecomte** : *Structure de l'ion* N_3^- *des azotures métalliques déterminée à l'aide des spectres d'absorption infra-rouge.* — **S. Gorodetzky** : *Sur la formule permettant d'obtenir la masse d'une particule (par choc élastique ou par une autre méthode). Considérations générales sur les erreurs.* — **J. Dubois** : *Nouvelle méthode de différentiation des liaisons intra et intermoléculaires par les spectres d'absorption infra-rouge.* — Mlle **M.-L. Delwaulle** et **F. François** : *Les chlorobromures de silicium et leur spectre Raman.* — **P. Fallot** : *Les phases orogéniques dans l'ensemble des Cordillères bétiques.* — **G. Grenet** et **H. Jaujou** : *Une plateforme pour l'essai des séismographes verticaux.* — **H. Humbert** : *Sur l'existence à Magadascar d'une Diptérocarpacée du genre Monotes.* — **P. Crison** : *Remarques sur des phénomènes de diapause vraie observés au stade imaginal chez le Doryphore (Leptinotarsa decemlineata* Say).

Séance du 9 octobre 1944

M. Krasner : *Une généralisation de la notion de corps-corpoïde. Un corpoïde remarquable de la théorie des corps valués.* — **D.-S. de Lavaud** et **Ch. Milde** : *Embrayage électrique d'un type spécial à faible inertie.* — **R. Bureau** : *Influence de la longueur d'onde sur le niveau général des parasites atmosphériques.* — Mme **L.-J. Lhoste** : *Sur la microsculpture interne du test des gastéropodes.*

Séance du 16 octobre 1944

L. Binet, **R. Crosnier** et Mlle **J. Margueritte** : *Etude du transit digestif chez le Lapin, en fonction de l'administration de farines à taux d'extraction différents et de son.* — **F. Teissier du Cros** : *Sur l'ensemble des fonctions biharmoniques régulières dans un cercle.* — **E. Arnous** : *La fonction caractéristique quantique à plusieurs variables et les spectres des grandeurs simultanément mesurables.* — **J. Dubois** : *Etude des hydroxycétones dans le proche infra-rouge.* — Mlle **J. Brigando** : *Etude du tétracyanure de zinc et de potassium et du tétracyanure de nickel et de potassium.* — **A. Chrétien** et **J. Heubel** : *Sur la précipitation de l'hydroxyde cuivrique.* — **M. Loury**, **P. Henry** et Mlle **J. Max** : *Un palmier producteur d'huile acclimaté sur la côte d'azur et son fruit, la noix de coco miniature* : Caractères de l'acclimatation sur la côte d'azur du Jubœa spectabilis du Chili et propriétés de l'huile que l'on peut extraire de ses fruits. — **G. Desson** : *Sur l'action mito-classique du phényluréthane.* — **P. Becquerel** : *La vie des algues huit ans dans le vide sous la tension de la vapeur d'eau et l'origine de l'oxygène libre de l'atmosphère* : Des oscillaires et Euglènes ensemencées sur des solutions minéralisées aseptiques dans des tubes dans lesquels on a fait le vide en 1936 s'y sont multipliées et sont encore vivantes en 1944 après avoir dégagé des gaz renfermant de l'oxygène et de l'azote libre. — **F. Ange** et **M. Lamotte** : *Sur la viviparité et la parthénogenèse probable d'un Amphibien anoure nouveau d'Afrique Occidentale (Nectophrynoides occidentalis* Angel). — **M. Caullery** : *Remarque à propos de la note précédente.*

Séance du 23 octobre 1944

E. Borel : *Notice nécrologique sur Eugène Fabry.* — **L. Binet**, **R. Fabre** et Mlle **M. Marquis** : *L'intoxication par les Champignons : l'hypoglycémie amanitinique* : Démonstration expérimentale du haut pouvoir hypoglycémiant de l'amatinine justifiant la thérapeutique sucrée dans l'intoxication par l'amanite phalloïde. — **P. Lévy** : *Une propriété d'invariance projective dans le mouvement brownien.* — **G. Malécot** : *Sur un problème de probabilités en chaîne que pose la génétique.* — **P. Germain** : *Sur le contingent dans certains espaces métriques.* — **J. Gilly** : *Etude analytique des produits de composition.* — **Y. Martin** : *Sur l'extension à certaines séries de quelques propriétés des séries entières.* — **N. Arpiarian** : *Sur la théorie des fonctions orthogonales de variable complexe.* — **E. Arnous** : *Conditions nécessaires et suffisantes pour que deux grandeurs simultanément mesurables soient stochastiquement indépendantes, pour un état donné du système mécanique.* — **J. Vignal** : *Erreur de réfraction dans le cas du nivellement de précision.* — **C. Guillaud** et **J. Wyart** : *Le polymorphisme particulier du composé Mn As aux températures de disparition et de réapparition de*

l'aimantation spontanée. — **J.-J. Trillat** et **R. Tertian** : *Sur la structure de certains caoutchoucs de synthèse : cas du polysulfure d'éthylène (thiogomme)* : Etude aux rayons X de la structure du thiogomme pur et du thiogomme industriel. — **A. Etienne** : *Synthèse progressive du mésodiphenylazanthracène α.* — **C. Levaditi** et Mme **H. Noury** : *Le virus syphilitique ganglionnaire est-il ultrafiltrable ?* —

Séance du 30 octobre 1944

R. Apéry : *Un théorème d'arithmétique.* — **J.-C. George** : *Résolution de l'équation de la diffusion par une méthode symbolique à deux opérateurs.* — **N. Manson** : *Sur la propagation de la flamme dans une bombe sphérique.* — **G. Darrieus** : *Détermination graphique des écoulements supersoniques de révolution par la méthode des caractéristiques.* — **R. Siestrunck** : *Sur un mode de solution rhéoélectrique des problèmes de l'hélice propulsive.* — **M. Morand** : *Sur l'intensité, l'énergie et la nature des ions produits par un nouveau tube à accélération.* — **R. Freymann** et **R. Heilmann** : *Spectres d'absorption infra-rouge et phénomène de chélation : rôle des doubles liaisons.* — **R. Viallard** : *Sur la fixation de l'hydrogène et du deutérium par le gadolinium* : Evolution du système deutérium-gadolinium. — **A. Michel-Lévy** : *Volcans enfouis dans les formations secondaires des Petites-Pyrénées au Nord de Saint-Gaudens (Haute-Garonne).* — **H. Vincienne** : *Sur la structure de la partie ouest du Jura méridional.* — **E. Somon** : *Observations sur l'épiderme cotylédonaire du Haricot.* — **E. Fauré-Frémiet** : *Polystomie expérimentale et morphogenèse chez les Ciliés.* — **A.** et **R. Sartory**, **B. Wurtz** : *Influence du radium sur quelques champignons inférieurs cultivés sur divers milieux.*

Séance du 6 novembre 1944

E. Kahane et Mlle **J. Lévy** : *Biochimie de la choline et de ses dérivés. Préparation de la choline hydrosoluble combinée à partir de l'ovolécithine. Purification. Réactions d'identification. Propriétés.* — **M. Krasner** : *Nombres semi-réels et espaces ultramétriques.* — **J. Nordon** : *Sur la solution élémentaire d'une équation aux dérivées partielles associée à un espace rimannien harmonique.* — **H. Parodi** : *Possibilité de superposition à la signalisation de sécurité par l'espace d'une signalisation régulatrice par le temps.* — **J. Vignal** : *Sur un système d'altitudes dynamiques rectifiées* : Précisions sur la notion d'altitude d'un point en distinguant les altitudes orthométriques et dynamiques simples et rectifiées. Corrections que ces notions imposent dans le nivellement. — **G. Petiau** : *Sur les corpuscules de spin 0* : Représentation d'une catégorie générale de corpuscules élémentaires et représentation des interactions s'exerçant par les champs de ces corpuscules. — **F. Carbenay** : *Nouveaux enregistreurs statistiques de perturbations électromagnétiques.* — **S. Goldsztaub** : *Moyen simple d'observation d'images électroniques.* — **H. Fournier** et **J.-J. Trillat** : *Etude aux rayons X de certains caoutchoucs de synthèse : cas des polychloroprènes.* — **J. Queffelec** : *Sur le calcul des montages oscillateurs utilisant une lampe à trois électrodes.* — **A. Maréchal** : *La mesure directe du facteur d'absorption des verres d'optique.* — **M. Letort** et **X. Duval** : *Radicaux libres dans le méthane soumis à la décharge électriqure.* — **R. Lecuir** : *Nouveau procédé d'agglomération céramique.* — **Buu-Hoï** et **P. Cagniant** : *Sur quelques anomalies observées dans la saponification de certains nitriles et amides.* — Mlle **S. Caillère** et **S. Hénin** : *Nouvelles observations sur la faratsihite.* — **N. Frolow** : *Sur la prévision des époques pluvieuses* : La répartition des jours de pluie est une donnée qui peut être utilisée pour la recherche par l'analyse harmonique des influences générales et pour la prévision rapprochée. — **R. Bureau** : *Perturbations à début brusque de l'ionosphère et cycle solaire undécennal.* — **G. Deflandre** : *Remarques sur l'évolution des silicoflagellidées. à propos de deux espèces crétaciques nouvelles.* — **G. Dubois** et Mlle **Dubois** : *Histoire forestière flandrienne du Cantal, avec phase allerödienne.* — Mme **O. Pavillard** : *Sur l'action combinée de deux composées du soufre dans la croissance des Bactéries pourpres.* — **P. Chouard** : *Sur le rôle respectif de l'obscurité et de la lumière dans les phénomènes du photopériodisme.* — Mmes **B. Chauchard** et **H. Mazoué** et **P. Chauchard** et **R. Lecoq** : *Electivité d'action du glucose et du lévulose sur l'excitabilité nerveuse.*

Séance du 13 novembre 1944

M. Krasner : *Hypergroupes extramoduliformes et moduliformes.* — **G. Choquet** : *Etude métrique des espaces de Finsler. Nouvelles méthodes pour les théorèmes d'existence en calcul des variations.* — **E. Schatzman** : *Sur un problème de statistique classique.* — **L. Escande** : *Méthodes nouvelles pour le calcul des chambres d'équilibre.* — Mme **P. Destouches-Février** : *Sur les rapports entre la Logique et la Physique théorique* : Une théorie physique quelconque ne peut être construite que selon une logique satisfaisant à certaines conditions précises. — **C. Duval** et **J. Lecomte** : *Analyse des spectres d'absorption infra-rouges de tartrates métalliques. Application à la constitution des sels racémiques.* — **A. Rousset** : *Effet Raman dans les cristaux : pivotements et rotations des molécules dans les cristaux organiques.* — **C. Courtot** et **J. Metzger** : *Sur le 2-méthylbenzthiazole, principales*

propriétés physiques du 2-méthylbenzthiazole. — **P. Bellair** : *Sur l'âge du Calcaire de Mourzouk* (*Fezzan*). — **L. Smosarki** : *Sur un phénomène extraordinaire de rayons d'ombres avant et après le coucher du soleil* : Observations de rayons d'ombre à Paris le 24 août 1940 à 15 h. G. M. T. le rayon étant coloré et n'étant pas dirigé vers le soleil quoiqu'il ne semble pas que ce fut un rayon d'aurore boréale. — **P. Dangeard** : *L'origine des grains d'aleurone chez quelques légumineuses* : L'aleurone prend naissance aux dépens de vacuoles déshydratées suivant l'opinion classique mais sa formation peut être chez certaines légumineuses assez précoce. — **P. Joyet-Lavergne** : *L'action d'un cancérigène, le benzopyrène, sur les oxydations dans la cellule vivante.* — **R. Jacquot** : *Créatinurie et avitaminose B.* — **J. Renaud** et **M. Lachaud** *Recherches sur la formation de lactoflavine à partir de l'Eremothecium Ashbyii. Culture sur milieux liquides.*

Séance du 20 novembre 1944

J. Pérès : *Quelques transformations des équations du mouvement d'un fluide compressible.* — **R. Risser** : *Sur les courbes de distribution statistique.* — Mlle **J. Ferrand** : *Sur les conditions d'existence d'une dérivée angulaire dans la représentation conforme.* — **P. Vernotte** : *Détermination au mieux, des paramètres d'une courbe expérimentale, au moyen de caractéristiques absolues données artificiellement à cette courbe.* — **E. Durand** : *Calcul du champ créé par le mouvement d'une charge électrique.* — **R. Lennuier** : *Analyse spectrale d'une onde amortie* : C'est la limitation de la durée de la mesure qui entraîne l'élargissement du profil de la raie naturelle observée. — Mme **M. Freymann** et **R. Freymann** : *Mise en évidence d'une liaison* (*CH←O*) *dans les aldéhydes par leur spectre infrarouge : conséquences spectrales et chimiques.* — **G. Dubois,** Mme **C. Dubois** et **F. Firtion** : *Composition, genèse et âge des sols montagnards tourbeux du Cantal.* — **J. Magron** : *Sur le rôle trophique des mycorhizes endotrophes.* — **L. Plantefol** : *Sur les phénomènes de développement des tubercules de Carottes.* — **R. Lombard** : *Analyse des sécrétions de Pin et d'Epicéa.* — **H. Belval** et Mlle **G. Legrand** : *Sur l'oxydation du cytochrome par les Champignons Basidiomycètes.* — **J.-A. Thomas** et Mme **S.-S. Chevais** : *Action tératologique élective du rouge neutre sur la mouche Drosophile en vie aseptique.*

Séance du 27 novembre 1944

A. Cotton et **P. Manigault** : *Sur l'emploi de lames demi-ondes dans divers appareils de polarisation.* — **L. Lapicque** et Mme **T. Senègre** : *Densité cellulaire dans le cerveau d'espèces diverses de Mammifères et d'Oiseaux* : La densité cellulaire du cerveau est chez les Homéothermes quasi-constante à travers les différences d'espèces. — **L. Binet** et **F. Bourlière** : *Modification des échanges respiratoires après implantation de comprimés de testostérone chez des sujets sénescents* : Il y a un étroit parallélisme entre l'augmentation des échanges respiratoires et l'amélioration globale due à l'implantation de testostérone chez les sujets sénescents. — **P. Lejay** : *Caractères généraux de la pesanteur dans le massif central.* — **M. Krasner** *Théorie de la ramification dans les extensions finies des corps valués : hypergroupe de décomposition.* — **R. Risser** : *Etude spéciale du type de tirage de boules d'une urne, renfermant des boules de deux couleurs, dans l'hypothèse de non remise des boules après tirage.* — **G. Choquet** : *Prolongements d'homéomorphies. Ensembles topologiquement nommables. Caractérisation topologique individuelle des ensembles fermés totalement discontinus.* — **J. Vignal** : *Erreur probable et poids d'un nivellement hétérogène.* — **A. Rousset** : *Sur le calcul de la chaleur spécifique aux basses températures du naphtalène et du benzène à partir des fréquences des pivotements des molécules dans le cristal.* — **F. Carbenay** : *Enregistreurs statistiques, à plusieurs degrés de liberté.* — **J.-L. Andrieux** et **G. Weiss** : *Sur la réduction électrolytique des carbonates et la préparation des carbures métalliques par électrolyse ignée.* — **L. Leprince-Ringuet** et **J. Crussard** : *Etude d'un cas d'interaction entre un mésoton cosmique et un noyau de plomb* : Discussion d'un cliché remarquable dans lequel il semble que le mésoton incident ait communiqué une énergie de 1.200 à 1.800 MeV à l'ensemble d'un noyau de plomb, excitant celui-ci qui aurait ensuite par fission projeté des particules dans diverses directions. — **L. Moreau** et **G. Chaudron** : *Préparation et propriétés de l'aluminium sursaturé en hydrogène.* — **J. Mathieu** : *Quelques dérivés des acides mésodihydroanthracènedicarboxyliques stéréoisomériques.* — **P. Bellair** : *Les eaux superficielles et les ressources probables en eaux profondes du Fezzan* (*Sahara Oriental*). — **S. Hénin** et **M. Godard** : *Relation entre l'évaporation, la température et l'indice d'aridité.* — Mlle **M. Friant** : *Caractères anatomiques d'un Batracien oligocène de la Limagne, le Prodiscoglossus Vertaizoni nov. gen. nov spec.* — **J. Roche, Nguyen-van Thoai** et Mlle **E. Danzas** : *Sur l'existence d'un activateur naturel de la synthèse des esters phosphoriques par les phosphatases.*

Paris-Médical. 36e année, n° 13, 30 mars 1946. — E. BOLTANSKI et M. RYMER : Les accidents de la sulfamidothérapie.

5° Art de l'Ingénieur

Bulletin de l'Institut International de Froid. Tome XXVI, N° 2, 1945-46. — Chimie, Physique et Industries des très basses températures. — Fluides frigorigènes, chaleur et mesures. — Matériel et installations frigorifiques. — Biologie et hygiène.

Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France. Fasc. 6 et 7, 1946. — J. FREI : Le Problème de la voiture populaire et ses solutions récentes. — Communications diverses. — Bibliographie.

Bulletin de la Société Française des Electriciens. Tome VI, N° 57, mars 1946. — R. LANGLOIS-BERTHELOT : L'excitation rapide des machines syncromes. Essai de mise au point. — MAURICE : Dispositif amortisseur primaire pour transformateurs d'alimentation d'ampoule à rayons X auto-redresseuse. — P. COULOMBE : Calcul rationel des filtres en échelle. — R. AUBERT : Application des théories de la propagation indirecte au calcul des liaisons à ondes décamétriques.

Bulletin Technique du « Veritas ». N° 2, mars-avril 1946. — L. GUILLET : Les traitements mécaniques. — H.-T. PYK : Nouveau mode d'injection du combustible dans les moteurs Diésel. — Nouveaux navires Danois. — J. DOUCET : Méthode graphique pour le calcul des hélices. — W. MUCKLE : Quelques considérations sur l'application des alliages légers dans la construction navale *(fin)*.

Chaleur et Industrie. 26e année, N° 245, déc. 1945. H. CASSAU : de l'existentialisme technique. — A. GAUFFÉ : Pratique de mesures de rayonnement total. R. STUMPER et STOLL : La désulfuration du coke métallurgique. — P. CHAMBADAL : Le coefficient de réchauffage et la simultitude thermo-dynamique des turbo-machines.

Chaleur et Industrie. N° 246, janvier 1946. — Ch. COLOMBI : La turbine aérodynamique en circuit fermé (système Ackeret et Keller). — A. GOUFFÉ : Pratique des mesures de rayonnement total. — A. HOSSARD : Estimation des volumes d'air et de fumées intervenant dans la combustion des combustibles solides à partir des éléments de l'analyse immédiate.

Chaleur et Industrie. N° 247, février 1946. — H. LAFFONT : Le symbolisme en physique atomique. — G. BEAUSEIGNEUR : Détermination du pouvoir calorique inférieur et des teneurs en carbone et en hydrogène des houilles à partir de l'analyse immédiate. — Ch. COLOMBI : La technique aérodynamique en circuit fermé.

Chaleur et Industrie. 27e Année, N° 248, mars 1946. — H. CASSAN : Techniques et sélections. — J. MERCIER : Réflexions sur l'entropie. — Ch. COLOMBI : La turbine aérodynamique en circuit fermé (système Ackeret et Keller) *(fin)*. — M. STEFFLES : Intérêt de l'emploi de l'air suroxygéné pour la combustion du gaz de haut fourneau.

Electricité. N° 113, février 1946. — R. SARAZIN et M. MONEYRON : Fortes intensités en soudure à l'arc. — M. LABORDE : L'évolution récente dans la technique des installations électriques à moyenne et à haute tension. — Bibliographie. — Une installation de fabrication en grande série d'équerres et de rapporteurs en aluminium alumilité. — M. LEBLANC : Sources lumineuses modernes pour l'éclairage. — Les alliages magnétiques modernes et le perfectionnement d'instruments de mesure électriques pour courants alternatifs ou continu. — La déformation d'enroulements de rotors d'alternateurs. — Traitement du minerai de fer en Suisse. — Les baguettes chauffantes électriques « Savoie ». — A propos de l'artisanat. — Chauffage des locaux avec des panneaux chauffants. — Les résistances électriques de chauffage.

L'Industrie Chimique et le Phosphate réunis. 33e année, N° 343, fév. 1946. — F. BARILLET : La sécurité dans les laboratoires et les fabriques de produits chimiques minéraux. — Le soufre a été une importante matière première dans les deux guerres mondiales. — L'Industrie chimique en France et à l'Etranger.

L'Industrie Chimique et le Phosphate réunis. N° 344, mars 1946. — A. GALLO : Le noir animal ; fabrication, propriétés, emplois. — Ch. MORE : La situation actuelle de l'industrie du magnésium. Produits chimiques nouveaux. — G. G. : L'emploi des déchets de bois hydrolysé dans l'industrie des matières plastiques.

Mécanique. N° 330, février 1946. — R. DELAMARE : Le facteur « temps » dans le travail des outils. — Le contact initial de la fraise avec la pièce à usiner dans la technique de la coupe négative. — Addition de nickel à des aciers coulés au chrome-molybdène. — X. HARDY : Applications de l'hydraulique aux machines-outils. — Paul MARTINET : Les paliers étude d'efficacité et de normalisation. — Problèmes d'angles composés. — Le moulage en moules métalliques du point de vue de l'ingénieur. — Source d'erreurs dans les mesures de dureté à la pointe de diamant.

Métaux. Corrosion. Usure. Vol. XX, n° 237, mai 1945. — E. HERZOG : Sur la formation de dépôts de carbonate de calcium et de silice lors de la corrosion du fer dans l'eau douce. — M. ALFÉRIEFF : Acier aluminé à chaud. — L. GUITTON : Etats de surface et passivation.

Métaux, corrosion, usure. Vol. XX, n° 238, juin 1945. — A. PORTEVIN : Aptitude à la mise en œuvre des pièces mécaniques. — J. HERENGUEL : Nouvelle contribution à l'étude du réticulage observé sur les pièces d'aluminium oxydé anodiquement. — A. LAMARE : Description d'une pince anodique utilisée dans le polissage électrolytique. — H. GRANJON : Quelques exemples d'application du polissage électrolytique à l'examen métallographique des soudures sur alliages légers.

Métaux, corrosion, usure. Vol. XX, n° 239, juillet 1945. — A. PORTEVIN : Aptitude à la mise en œuvre des pièces mécaniques *(suite)*. — P. BIDART : La protection des conduites souterraines contre la corrosion électrolytique.

Métaux. Vol. XX, N° 240, août 1945. — A. PORTEVIN : Aptitude à la mise en œuvre des pièces mécaniques. — L. DELVILLE : Les travaux du Tin Research Institute de 1942 à 1944.

Revue de Métallurgie. 42e Année, n° 3, mars 1945. — C.-H. DESCLÉ : Robert Abbott Hadfield. Son œuvre scientifique et industrielle (traduction par Robert Gordan). — J. HÉRENGUEL et R. SEGOND : Etude des pellicules d'alumine obtenues par oxydation anodique des différents alliages d'aluminium. — P. LAURENT : Contribution à la théorie de la plasticité des métaux et alliages *(à suivre)*.

Revue de Métallurgie. 42e année, N° 4, avril 1945. — R. WARZEE : Influence de la préparation du lit de fusion sur le profil des hauts fourneaux travaillant en minettes lorraines. — F.-C. THOMPSON : Capacité d'amortissement (traduit par A. SOURDILLON). — P. LAURENT : Contribution à la théorie de la plasticité des métaux et alliages *(suite)*.

Revue de Métallurgie. 42e année, n° 6, juin 1945. — J. LIORET : Recherches sur la zone de fragilité critique des aciers. — R. GIRSCHIG : La métallurgie des poudres. — Sir L. BRAGG : La cohésion des métaux. — P. LAURENT : Contribution à la théorie de la plasticité des métaux et alliages.

Revue de Métallurgie. 42e année, n° 5, mai 1945. — P.-A. JACQUET : Contribution à l'examen micrographique du cuivre. Mise en évidence des inclusions, de l'écrouissage de la recristallisation des microfissures. — G. VIDAL : Sur la fragilité de revenu des aciers au chrôme, au molybdène, au tungstène. — P. LAURENT : Contribution à la théorie de la plasticité des métaux et alliages.

Revue de Métallurgie. 42e année, n° 7, juillet 1945. — P. BASTIEN : Recherches sur le mécanisme de la fragilité de décapage de l'acier. II. Comportement de l'hydrogène introduit dans l'acier extra-doux recuit par électrolyse ou par attaque à l'acide. — R. GIRSCHIG : La métallurgie des poudres *(fin)*. — P. LAURENT : Contribution à la théorie de la plasticité des métaux et alliages *(fin)*.

Revue de Métallurgie. 42e Année, N° 8, août 1945. — H. MALCOR : Etude macrographique et micrographique de tôles tirées de gros lingots. — A. de GRAMOND : Stabilité de forme des miroirs métalliques. — J. HÉRENGUEL et R. SECOND : Optention d'une pellicule homogène par oxydation anodique de l'aluminium et de ses alliages. — Mme A. WEILL : Etude en vue d'applications pratiques de diagramme fer-silicium jusqu'à 30 % de silicium.

6° Périodiques Généraux et Divers

Annual report of the Smithsonian Institution for 1940. — A. STINE : L'évolution de l'industrie chimique organique aux Etats-Unis. — A. GIBBONS : L'industrie du caoutchouc (1839-1939). — G.-M. LEES : La recherche du pétrole. — W. CARTER : Les insectes et les maladies des plantes. — R. WEINTRAUB : Culture de tissus végétaux. — D. JENNESS : Vagues de cultures préhistoriques de l'Asie vers l'Amérique. — F. STEVENS : Stonehenge. — H. WIMPERIS : L'avenir de l'aviation.

Annual report of the Smithsonian Institution for 1941. W.-S. ADAMS : Qu'y a-t-il entre les étoiles ? — E.-O. LAWRENCE : Les nouvelles frontières dans l'atome. — H. MAUERSBERGER : Les nouveaux textiles synthétiques. — G.-M. KLINE : Les matières plastiques. — H. MUNSELL : Les vitamines. — K.-V. THIMANN : Les hormones de croissance dans les plantes. — F.-M. CHASE : Les algues utiles. — N. GLUECK : Les fouilles du port de Salomon : Ezion-geber. — B.-L. WHORF : Déchiffrement partiel des hyéroglyphes Mayas. — F. DENSMORE : La musique indienne. — T. WRIGHT : L'évolution des avions de transport.

Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique. 5e série, Tome XXX, nos 4-6, 1944. — E. de WILDEMAN : Genèse du caoutchouc et localisation de sa formation. — P. DEDECKER : Pseudo-surfaces de Riemann et pseudo-involutions. — M. de HEMPTINNE et Th. DOCHAERD : Spectres Raman de l'alcool méthylique CH_3OH et de l'alcool complètement deutéré CD_3OD, — L. GODEAUX : Construction d'une surface canonique du neuvième ordre. — Sur la construction des surfaces doubles n'ayant qu'un nombre fini de points de diramation. — L. SPRINGAL : Sur les nébuleuses obscures. — L. Van den BERGHE et G. BOUÉ : De la parenté sérologique de l'okapi et de la girafe. — R. COUTREZ : Sur le courant quantique dans la mécanique des systèmes de corpuscules.

Bulletin de la Classe des Sciences de l'Académie royale de Belgique. 5e Série, Tome XXX, Nos 7-9, 1944. — L. GODEAUX : Sur les courbes et surfaces intersections d'hyperquadriques. — E. de WILDEMAN : La protection des « spécimens-types » en sciences naturelles et celle de documents intéressant le progrès de l'humanité. — J. van MIEGHEM : Les ondes gravifiques et les variables de Th. de Donder.— L. GODEAUX : Sur les involutions appartenant à des variétés algébriques intersections complètes d'hypersurfaces. — Sur les variétés algébriques à trois dimensions sur lesquelles l'opération d'adjonction à la période trois. — Th. de DONDER : La mécanique statistique contribuant à la structure de la mécanique ondulatoire chimique. — J.-E. VERSCHAFFELT : La thermomécanique de la conduction électrique par électrons. — F. SIMONART : Sur une transformation généralisée de Ribaucourt. — P. BOURGEOIS et R. COUTREZ : La distribution des vitesses spatiales des étoiles du type spectral B et le mouvement spiral de la voie lactée.

Journal of the Franklin Institute. T. CCXXXVIII, juillet 1944, no 1. — M. LUCKIESH, A.-H. TAYLOR et G.-P. KERR : Variations saisonnières dans l'énergie ultra-violette de la lumière du jour. — W.-P. LEAR : Contrôle électrique automatique lointain pour les avions. — H.-C. SHERMAN : Technique de la nutrition. I. Nutrition humaine et agriculture. — A.-W. SIMON : Sur l'action des alternateurs électrostatiques. —

T. CCXXXVIII, août 1944, no 2. — M.-L. COOKE : Sur quelques aspects directeurs de l'homme d'affaire américain. — H.-C. SHERMAN : Technique de la nutrition II. L'amélioration de la vie par la nutrition. — E. SAIBEL : Sur la méthode de position. — C.-W. MAC GREGOR : La vraie épreuve de tension : son rôle dans l'épreuve des matériaux modernes. —

T. CCXXXVIII, septembre 1944, no 3. — C.-W. MAC GREGOR : La vraie épreuve de tension : son rôle dans l'épreuve des matériaux modernes. II. P.-G. NUTTING : La rétention des fluides par les solides. — W.-F. WELLS : Influence de la portée des rayons dans la ventilation sanitaire par irradiation bactéricide de l'air. — D.-L. MACADAM : Sur la géométrie de l'espace des couleurs. —

T. CCXXXVIII, octobre 1944, no 4. — L.-H. CAMPBELL : La recherche en artillerie et son développement pour la paix. — J.-J. SMYTH : L'extension du théorème de développement de Heaviside aux équations de la physique et de la technique en coordonnées orthogonales curvilignes. — H.-C. SHERMAN : Technique de la nutrition. III : Emploi des aliments et des ressources de production alimentaire. — R.-E. STAUFFER, W.-F. SMYTH et A.-P.-H. TRIVELLI : L'influence des développants photographiques contenant de l'hydrozine sur les courbes caractéristiques des produits photographiques I. —

T. CCXXXVIII, novembre 1944. — H.-C. SHERMAN : Technique de la nutrition. IV : Des conditions du temps de guerre à l'ordre du de temps paix. — CHEN PEI-PING : Analyse dyadique des structures spatiales rigides. — T. COULSON : L'origine des pièces interchangeables.

Mémoires de l'Académie Malgache. Fascicule XXXV, 1941. — C. LAMBERTON : Contribution à la connaissance de la faune subfossile de Madagascar.

Mémoires de l'Académie Malgache. Fascicule XXXVI, 1942. — F. ANGEL : Les lézards de Madagascar.

Mémoires de l'Académie Malgache. Fascicule XXXIV, 1941. — Pierre BOITEAU : Contribution à l'étude du rôle de la lumière dans l'écologie végétale à Madagascar.

Métaux et Civilisations. Vol. I, Fascicule I, 1945. — L. DELVILLE : Métaux et Civilisations. — H. VERNE : L'art du métal. — P. CÉZARD : L'alchimie et les recettes techniques. — N.-T. BIELAIEW : Sur le « Damas » oriental et les lames damassées. — H. MOUREAU : Les nouvelles armes allemandes dites V1 et V2.

Proceedings of the Missouri Academy of Science. Vol. V, no 4, juin 1940. — « Papers ou Section Programs » présenté à la 5e réunion annuelle. — Vol VI, no 1, mars 1940 : Programme de la 6e réunion annuelle 18/10 avril 1940, Warrensbourg (Missouri). — Vol. VI, no 2, sept. 1940 : Annonce préliminaire de la 7e réunion annuelle 17/19 avril 1941 à Columbia (Missouri). — Vol VI, no 3, déc. 1940 : Compte rendu du Programme général de la 6e assemblée annuelle à Warrensbourg (Missouri) 1940.

Revue Philosophique. Nos 1 à 3, Janvier à mars 1946. — E. BREHIER : L'idéalisme de Léon Brunschvicg. — Ph. FAURÉ-FREMIET : Le problème psychologique de l'expérience. — Dr H. BARUK : Consciences morales et haines. — G. MURY et A. PACAULT : Le nombre des sciences expérimentales. — G. BRELET : Musiques exotiques et valeurs permanentes de l'art musical.

Revue pour l'Etude des Calamités. T. VII, no 23, juillet-décembre 1945. — J.-P. ROTHÉ : La seismicité du globe pendant 1943-1944. Le deluge de Gencelin. La défence contre les avalanches en Suisse. L. HAMORI : L'administration des Nations Unies pour le secours et la restauration.

La Revue Scientifique. Tome LXXXIII, Fascicule II, No 3241, février 1945. — G. PETIAU : Les systèmes de matrices de la représentation des corpuscules de spin $h/2\pi$. — G. MATHIEU : Le problème du Précambien dans l'Ouest de la France et le sud-ouest du Massif Central ; la Vendée trait d'union entre Massif armoricain et Massif Central. — P. CHAUCHARD : Une fonction nouvelle des corps cellulaires neuroniques : l'électrotonus somatogène. — P. ANCEL : Les variations individuelles dans les expériences de tératogenèse. — BUU-HOÏ et R. ROGER : Réaction de Pfitzinger avec des cétones éthyléniques. — A. PITOT : L'évolution du bois primaire dans les radicelles de Pinus halpensis. — J. VILLEY : L'amplification électrique en métrologie. — G. MANGENOT : A propos de la notion de graisse.

La Revue Scientifique. Tome LXXXIII, facicule 3, Nos 3242-3243, mars-avril 1945. — G. BOULIGAND : Résolution opératoire de problèmes particuliers concernant les surfaces isométriques. — Ed. BOUREAU : L'établissement progressif de l'accélération basifuge dans l'appareil conducteur chez les Phanérogames primitives. — P. TISSOT : De l'établissement des statistiques agricoles nationales. — P. BRIEN : L'origine des cellules reproductrices. — D. LACOMBE : Sur les champs vectoriels dont la normalité à quelque droite, réalisée en un point, s'étend de ce fait à toute la droite. — BUU-HOÏ : Etudes dans le domaine des noyaux aromatiques condensés. XXIIe Mémoire : Sur l'aptitude des amines aromatiques secondaires et tertiaires à la condensation avec le soufre. — A. PITOT : L'émission des membres secondaires dans le système radiculaire de Pinus halepensis. — F. VALENTIN : Les tubes à vide aux très hautes fréquences.

Sciences. No 47, Tome LXXII, 4e Trimestre 1945. — Allocutions de M. LE TROQUER, de M. M.-F. JOLIOT, de M. JUSTIN-BESANÇON et de M. Henri PIERON. — Compte rendu du Congrès.

Sciences. No 47, Tome LXXIII, 1er Trimestre 1946. — A. CHOLLEY : Structure agraire et habitat rural. — Colonel JACOBSON : La conquête des têtes de pont allemandes de l'Atlantique. — Congrès de Nice.

Le Gérant : G. DOIN. 9-1946. Imprimerie BÉDU, à St-Amand (Cher). O.P.L. no 31.1293

Dépôts légaux : 3e trimestre 1946 : d'Editeur, no 28; d'Imprimeur, No 378